

DISEÑO ERGONÓMICO DEL PUESTO DE TRABAJO

PARA DOCENTES UNIVERSITARIOS

Un enfoque desde la Ingeniería Industrial
Ergonomía, Seguridad y Salud en el Trabajo



Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezán
Jenyffer Alexandra Yépez Chicaiza
Víctor Manuel Caranqui Sánchez

UTN

**DISEÑO ERGONÓMICO DEL PUESTO DE TRABAJO
PARA DOCENTES UNIVERSITARIOS**

DISEÑO ERGONÓMICO DEL PUESTO DE TRABAJO PARA DOCENTES UNIVERSITARIOS

Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezán

Jenyffer Alexandra Yépez Chicaiza

Víctor Manuel Caranqui Sánchez



Créditos



Edita

Editorial Universidad Técnica del Norte

Av. 17 de Julio, 5-21 y Gral. José María Córdova
Campus El Olivo
IBARRA – IMBABURA –
ECUADOR

URL: www.utn.edu.ec
Editorial: editorial@utn.edu.ec

Autores

Ramiro Vicente Saraguro Piarpuezán, M.B.A.

Magíster en Administración MBA;
Diplomado en Gestión Logística
Docente de la carrera de Ingeniería Industrial - Universidad Técnica del Norte
<https://orcid.org/0000-0002-6244-5246>

Jenyffer Alexandra Yépez Chicaiza, M.Sc.

Magíster en Salud e Higiene del Trabajo; Magíster en Gestión de la Calidad
Coordinadora de la carrera de Ingeniería Industrial - Universidad Técnica del Norte
<https://orcid.org/0000-0002-8376-3681>

Víctor Manuel Caranqui Sánchez, M.Sc.

Magíster en Ingeniería Matemática y Computación; Magíster en Gerencia Informática
Coordinador de la carrera de Tecnologías de la Información modalidad en línea
Universidad Técnica del Norte
<https://orcid.org/0000-0001-9296-3012>

Pares revisores externos

Dra. Rosa Tatiana Suarez Erazo, PhD

rtsuarez@uce.edu.ec
Universidad Central del Ecuador

Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán, Mgs

cristian.espin@utc.edu.ec
Universidad Técnica de Cotopaxi

Revisión de estilo

Silvia Arciniega Hidrobo, M.Sc.

srarciniega@utn.edu.ec
Universidad Técnica del Norte

Dirección de arte y diagramación

Pedro David Cargua Gualoto

pdcarguag@utn.edu.ec
Universidad Técnica del Norte

Datos Técnicos

ISBN: 978-9942-572-37-0

DOI: 10.53358/libfica/JTMX8467

URL:

<https://issuu.com/utnuniversity>

Fecha de publicación: xx/xx/2026

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra sin la previa autorización escrita de la Editorial Universidad Técnica del Norte.

Índice general

Presentación	20
Prólogo	22
Resumen Ejecutivo	23

Introducción

Introducción General: Fundamentos Teóricos de la Ergonomía en Contextos Educativos	1
1 Contexto y Justificación	2
2 Ergonomía: Alcance y Objetivos	4
2.1 Objetivos fundamentales de la ergonomía en entornos educativos universitarios	5
3 La Ergonomía: La Ciencia de Adaptar el Trabajo a la Persona	8
3.1 Ramas de la Ergonomía	9
4 El Diseño del Trabajo: Evolución de un Concepto Central	11
4.1 Equilibrio en el Diseño del Trabajo Ergonómico	13
5 La Importancia de la Ergonomía en la Educación Superior Ecuatoriana	15
5.1 Demandas Específicas del Trabajo Docente	15
5.2 Marco Normativo y Contexto Legal en el Ecuador	17
5.3 Transformación Digital y Nuevas Demandas Ergonómicas	17
5.4 Factores de Riesgo en la Actividad Docente Universitaria	18
5.4.1 Carga Laboral y Riesgos Psicosociales	18
5.4.2 Demandas Cognitivas Intensificadas	19
5.4.3 Tecnoestrés y Sobrecarga Digital	19

5.5	Marco Teórico Multidisciplinario del Diseño del Trabajo	19
5.6	Modelo Conceptual de Adaptación Ergonómica	20
5.7	Principios Esenciales del Diseño Ergonómico	21
5.8	Intervención Ergonómica y Beneficios en el Entorno Laboral Académico	23
5.8.1	Dimensión Física	23
5.8.2	Dimensión Cognitiva	24
5.8.3	Dimensión Organizacional	24
5.8.4	Retorno de Inversión (ROI)	25

Capítulo 1

Ergonomía en Contextos Educativos, Fundamentos **26**

1.1	Principios Esenciales de la Ergonomía: Adaptación del Entorno al Ser Humano	27
1.1.1	Principio de Diversidad Humana (Principio de Adap- tabilidad Universal)	28
1.1.2	Principio de Usabilidad	31
1.1.3	Principio de Compatibilidad	31
1.1.4	Ergonomía Multidimensional en Entornos Docentes (Er- gonomía Física, Cognitiva y Organizacional)	32
1.1.4.1	Ergonomía Física	32
1.1.5	Ergonomía Cognitiva	34
1.1.6	Ergonomía Organizacional: Sistemas y Cultura Insti- tucional	37
1.1.7	Caracterización del Trabajo Docente: Carga Física, Mental y Emocional	39
1.1.7.1	Carga Física	40
1.1.8	Carga Mental	42
1.1.9	Carga Emocional	44
1.1.10	Análisis de Tareas Docentes Presenciales y Virtuales desde la Ergonomía	45
1.1.10.1	Docencia Presencial	46
1.1.10.2	Docencia Virtual y Remota	48
1.2	Factores de Riesgo en la Actividad Docente	50
1.2.1	Trastornos Musculoesqueléticos (TME)	51
1.2.2	Fatiga Visual y Auditiva	53

1.2.3	Estrés Tecnológico y Sobrecarga Multitarea	56
1.2.4	Evaluación Ergonómica Integral: Métodos Cualitativos y Cuantitativos	57
1.2.4.1	Métodos Cualitativos	58
1.2.4.2	Métodos Cuantitativos	59
1.2.5	Integración de Métodos Mixtos y Triangulación	62
1.2.6	Casos de «Estudio sobre Intervenciones Ergonómicas en Educación Superior:»	63
1.2.6.1	Estudios de Caso en América Latina	63
1.2.6.2	Conclusiones	66
1.2.7	Marco Normativo y Estándares de Calidad	67
1.2.7.1	Requerimientos Normativos Específicos:	67
1.2.7.2	Estándares Internacionales Aplicables	67
1.2.8	Metodologías de Implementación Práctica Enfoque de Implementación Gradual	68
1.2.8.1	Fase 1: Diagnóstico Participativo (3-6 meses)	68
1.2.8.2	Fase 2: Diseño Colaborativo (2-4 meses)	68
1.2.8.3	Fase 3: Implementación Modular (12-24 meses)	69
1.2.8.4	Fase 4: Evaluación y Sostenibilidad (6-12 meses)	69
1.2.8.5	Herramientas de Monitoreo y Evaluación Sistema de Indicadores Integrales:	69
1.2.9	Recomendaciones para Implementación Institucional Estrategias de Cambio Organizacional	71
1.2.9.1	Factores Críticos de Éxito	71
1.2.9.2	Modelo de Transferencia de Conocimiento	72
1.2.10	Conclusiones y perspectivas futuras	72
1.2.10.1	Tendencias Emergentes y Oportunidades Futuras	72
1.2.10.2	Agenda de Investigación Futura	73

Capítulo 2

Diseño Ergonómico del Puesto de Trabajo Docente Universitario

75

2.1	Criterios de Diseño Ergonómico: Confort, Eficiencia, Seguridad y Bienestar	76
2.1.1	Marco Teórico del Diseño Ergonómico	76
2.1.2	Herramientas de Autoevaluación Docente	80

2.1.2.1	Cuestionario Digital de Autoevaluación Ergonómica: .	81
2.1.2.2	Protocolo de Evaluación Ergonómica Sistemática . . .	82
2.1.2.3	Indicadores de Éxito:	83
2.1.3	Programa de Implementación Gradual	83
2.1.4	Fases de Evaluación Integral:	84
2.1.5	Antropometría Aplicada al Diseño del Mobiliario Edu- cativo y de Oficina	86
2.1.5.1	Fundamentos Científicos de la Antropometría Educativa	86
2.1.5.2	Estadísticas de Diseño Antropométrico	89
2.1.5.3	Diseño de Mobiliario Específico: Escritorio Docente Ergonómico	91
2.1.5.4	Principios de Diseño Antropométrico Inclusivo	93
2.1.6	Componentes del Puesto de Trabajo Docente:	95
2.1.6.1	Escritorios, Sillas, Pizarras, Estanterías, Ayudas Di- dáticas	95
2.1.6.2	Equipos Informáticos y Periféricos	102
2.1.6.3	Sistemas de Asiento Ergonómico Avanzado	106
2.1.6.4	Sistemas de Escritura y Presentación Integrados . . .	108
2.1.6.5	Sistemas de Almacenamiento Ergonómico Zonificado .	109
2.1.7	Diseño Ergonómico en Contextos Virtuales y de Tele- trabajo Docente	111
2.1.7.1	Ergonomía del Home Office Académico	113
2.1.8	Herramientas Digitales y Plataformas Educativas: Aná- lisis desde la Ergonomía Cognitiva	115
2.1.8.1	Principios de Usabilidad Aplicados a Herramientas Di- gitales:	115
2.1.8.2	Evaluación de Usabilidad Específica para Docentes . .	119
2.2	Consideraciones Económicas y Sostenibilidad	121
2.2.1	Análisis de Costo-Beneficio Ergonómico	121
2.2.2	Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental	122
2.3	Guías de Autocuidado y Autoevaluación del Entorno de Trabajo Docente	123
2.3.1	Elementos de una Guía de Autocuidado Docente: . . .	124
2.4	Conclusiones	126

Capítulo 3

Intervenciones Ergonómicas y Estrategias de Mejora	128
3.1	Diseño Participativo y Mejora Continua en Ergonomía Docente 129
3.1.1	Marco Teórico del Diseño Participativo 129
3.1.2	Metodología de Implementación Participativa 130
3.1.2.1	Técnicas de Enfoque participativo (Co-creación) . . . 137
3.2	Programas de Formación y Sensibilización Ergonómica para Personal Educativo 138
3.2.1	Diseño Curricular del Programa de Formación 140
3.2.1.1	Metodologías Pedagógicas Innovadoras 141
3.3	Adaptaciones Razonables y Accesibilidad en el Entorno Docente 143
3.3.1	Marco Legal de Accesibilidad Universal 145
3.3.2	Adaptaciones Específicas por Tipo de Discapacidad . 146
3.3.3	Evaluación de Accesibilidad 148
3.4	Intervenciones Ergonómicas de Bajo Costo y Alto Impacto 149
3.4.1	Filosofía de Intervenciones Costo-Efectivas 151
3.4.1.1	Criterios de Selección de Intervenciones. 151
3.4.1.2	Catálogo de Intervenciones de Bajo Costo: 152
3.4.1.3	Estrategias de Costo Cero con Alto Rendimiento . . . 153
3.4.1.4	Intervenciones de Organización Laboral (Tompa et al., 2019) 155
3.4.1.5	Intervenciones Tecnológicas de Bajo Costo: 158
3.4.2	Evaluación del Impacto de las Mejoras Ergonómicas en el Desempeño y Salud Docente 159
3.4.2.1	Sostenibilidad del Impacto a Largo Plazo 162
3.5	Implementación de Intervenciones y Monitoreo del Impacto 165
3.5.1	Fases de Implementación con Hitos Cuantificables . . 165
3.5.2	Sistema de Indicadores con Metas Específicas 165
3.6	Conclusiones e Impacto Proyectado 166
3.7	Ergonomía y Sostenibilidad: Prácticas Responsables en el Diseño del Entorno 168
3.7.1	Prácticas Sostenibles en el Diseño del Entorno Docente:168

3.7.2	Principios de Ergonomía Sostenible	170
3.7.3	Estrategias de Implementación	171
3.8	Normativas Aplicables a la Ergonomía en el Ámbito Educativo:	173
3.8.1	Marco Normativo Ecuatoriana:	173
3.8.2	Normas Internacionales (ISO, UNE) y Guías Técnicas (NTPs):	174
3.9	Modelo de Intervención Ergonómica Escalable para Entornos Educativos	177
3.9.1	Metodología de Escalamiento	180
3.9.2	Plan de Implementación por Niveles	181
3.9.3	Fuentes de Información Actualizadas	183
3.9.4	Referencias Normativas Verificadas:	183

Capítulo 4

Aplicación de Ingeniería Industrial en la Gestión Educativa Universitaria

185

4.1	Diagnóstico de la Docencia Universitaria	188
4.1.1	Diagnóstico de Procesos Actuales	188
4.1.2	Análisis de Métodos y Estudio de Tiempos, Actividades Docentes y Administrativas	192
4.1.2.1	Metodología de Análisis de Actividades Docentes . . .	193
4.1.2.2	Técnicas de Medición de la Jornada Laboral, Adaptadas al Entorno Docente	195
4.1.2.3	Tiempo Estándar para Actividades Académicas	197
4.1.2.4	Ingeniería de Métodos Adaptada al Contexto Educativo	199
4.1.3	Indicadores de Productividad y Eficiencia, Evaluación del Rendimiento del Personal y los Procesos	200
4.1.4	Jornada Laboral, Análisis y Distribución de la Carga de Trabajo Académico	204
4.1.4.1	Análisis de la Jornada Laboral Docente	204
4.1.4.2	Metodología para la Distribución Equilibrada de Cargas	206
4.1.4.3	Modelo de Asignación de Cargas Académicas (MACA)	206
4.1.4.4	Análisis Ergonómico de la Jornada Docente	207
4.2	Rediseño de Procesos y Mejora Continua	208
4.2.1	Rediseño de Procesos en la Docencia Universitaria . .	208

4.2.1.1	Metodología de Rediseño de Procesos Académicos (MR-PA)	209
4.2.2	Integración de Sistemas de Gestión de Calidad en la Educación Superior	211
4.2.2.1	Gestión de la Calidad Total (TQM) en Educación . .	211
4.2.2.2	Otras Herramientas TQM con potencial para uso en entornos	217
4.2.3	Kaizen, Enfoque en Mejora Continua y Participación del Personal	221
4.2.3.1	Principios Fundamentales del Kaizen Académico: . . .	221
4.2.3.2	Implementación de Kaizen en Instituciones Educativas:	222
4.2.3.3	Estructura Organizacional para Kaizen:	224
4.2.3.4	Círculos de Calidad Docente	227
4.2.3.5	Benchmarking Interno	228
4.2.3.6	Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar)	229
4.2.3.7	Empoderamiento Docente	231
4.2.3.8	Equipos Multifuncionales	232
4.2.3.9	Formación en Calidad	233
4.2.3.10	Reconocimiento	234
4.2.4	Six Sigma en Educación (DMAIC)	234
4.2.4.1	Define (Definir): Project Charter Educativo	235
4.2.4.2	Análisis de Voz del Cliente (VOC):	237
4.2.4.3	SIPOC Educativo:	238
4.2.4.4	Árbol CTQ (Critical to Quality):	239
4.2.4.5	Medir (Measure): Plan de Medición Educativo	240
4.2.4.6	Análisis del Sistema de Medición Académico (Measurement System Analysis, MSA)	241
4.2.4.7	Desempeño de la línea base (Baseline Performance): .	242
4.2.4.8	Estudios de capacidad:	244
4.2.4.9	Analizar (Analyze): Root Cause Analysis	245
4.2.4.10	Análisis de regresión:	248
4.2.4.11	ANOVA Educativo:	249
4.2.4.12	Mejorar (Improve): Diseño de Experimentos (DOE) Educativo	250
4.2.4.13	Pilotaje, Proyectos Piloto:	251
4.2.4.14	Mitigación de Riesgos:	252

4.2.4.15 Validación de la Solución:	253
4.2.4.16 Controlar (Control): Control Estadístico de Procesos (SPC) Educativo	254
4.2.4.17 Plan de Control:	254
4.2.4.18 Gráficos de Control Estadístico de Proceso (SPC) para Educación:	255
4.2.4.19 Planes de respuesta:	256
4.2.4.20 Monitoreo Continuo:	257
4.2.4.21 Documentación:	258
4.3 Implementación de Lean Education	259
4.3.1 Principios Fundamentales de Lean Education: Definición de Conceptos Clave	259
4.3.1.1 Lean y sus Principios:	260
4.3.2 Hoja de Ruta para Implementar Lean Education	263
4.3.2.1 Formación en Lean Education:	264
4.3.2.2 Identificación de Valor	266
4.3.2.3 Identificación de Desperdicios en Educación	267
4.3.2.4 Consideraciones Clave	269
4.3.2.5 Liderazgo del Cambio	270
4.3.3 Herramientas de Mapeo y Flujo de Valor: Uso de Herramientas Visuales para la Mejora	271
4.3.3.1 Mapeo y Flujo de Valor (VSM)	271
4.3.3.2 Simbología VSM Educativa:	273
4.3.3.3 Ejemplo de Diagrama VSM para un Docente Universitario	275
4.3.4 Proceso de Construcción de VSM Educativo	279
4.3.4.1 Fase 1: Preparación y Planificación	279
4.3.4.2 Fase 2: Mapeo del Estado Actual	280
4.3.4.3 Fase 3: Análisis de Desperdicios	281
4.3.4.4 Fase 4: Diseño del Estado Futuro	281
4.3.4.5 Fase 5: Plan de Implementación	282
4.3.5 Creación de Flujos Continuos	283
4.3.5.1 Flujo Continuo Académico	283
4.3.6 Cambio Rápido (Quick Changeover), (SMED) Educativo	287
4.3.6.1 Producción nivelada (Heijunka) Educativo	288
4.3.7 Sistemas Pull: "Justo a Tiempo"(JIT)	289

4.3.7.1	Implementación JIT en Servicios Educativos	292
4.3.8	Diseño de Kanban Systems Académico	293
4.3.8.1	Tarjetas Kanban Académico	294
4.3.9	Los 5 Porqués en Contexto Académico	296
4.3.9.1	Metodología Adaptada de 5 Porqués Académico	296
4.3.10	5S para Organización de Espacios Académico	300
4.3.11	Gemba Walk, Recorrido Gemba Estructurado para Líderes Educativos	307
4.3.12	Diagrama Espagueti (Spaghetti Diagrams)	312
4.3.13	Eliminación de Cuellos de Botella	314
4.3.14	Flujo de una Pieza a la vez (One-Piece Flow)	316
4.3.15	Mejora Continua, Kaizen en Educación	317
4.3.15.1	Eventos Kaizen en Educación	318
4.4	Otras Metodologías y Enfoques Complementarios	319
4.4.1	Gestión de Proyectos	319
4.4.2	Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)	322
4.4.2.1	Marco Integrado ABP-Gestión de Proyectos	322
4.4.3	Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) Adaptado al Desarrollo Curricular	328
4.4.3.1	PLANEAR - Diseño Curricular Basado en Evidencia	328
4.4.3.2	HACER – Implementación Piloto del Currículo	334
4.4.3.3	VERIFICAR – Evaluación Integral de Resultados	338
4.4.3.4	ACTUAR – Mejora Continua y Estandarización	341
4.4.4	Simulación y Modelado para Optimización Educativa	347
4.4.4.1	Distribuciones Probabilísticas y Simulación de Monte Carlo	347
4.4.4.2	Aplicación en Optimización de Recursos Docentes	348
4.4.4.3	Aplicación en Planificación Financiera con Incertidumbre	351
4.4.4.4	Aplicación, Simulación de Eventos Discretos (SED) en Procesos Académicos	355
4.4.4.5	Software de Simulación Recomendado	362
4.4.5	Gamificación Sistemática del Aprendizaje (Hamari et al., 2014a)	363
4.4.5.1	Estructura de Gamificación Educativa (EGE), Componentes Fundamentales:	363

4.4.6	Conclusiones del Capítulo	370
4.4.7	Implicaciones en el Campo Práctico	371
4.4.8	Recomendaciones para Futuras Investigaciones	372

Capítulo 5

Tendencias Futuras en el Diseño del Trabajo Docente 373

5.1	La Transformación Digital y los Nuevos Entornos Laborales	374
5.1.1	Evolución del Ecosistema Digital Educativo	374
5.1.2	Espacios de Trabajo Híbridos	375
5.2	El Impacto de la Inteligencia Artificial y la Automatización	376
5.2.1	Automatización de Tareas Repetitivas	376
5.2.2	Herramientas de Apoyo a la Planificación y Personalización	377
5.2.3	IA como Asistente Ergonómico Inteligente	379
5.2.4	Automatización de Tareas Administrativas/ Impacto en la Carga de Trabajo Docente:	380
5.3	El Aprendizaje Híbrido y la Flexibilidad Laboral	381
5.3.1	Modelos de Trabajo Docente Flexible	382
5.3.2	Ergonomía del Trabajo Híbrido	382
5.3.3	Entornos de Aprendizaje Híbridos y Flexibles	383
5.3.4	Puestos de Teletrabajo Ergonómicos en el Hogar	384
5.4	Nuevas Competencias Docentes	386
5.4.1	Competencias Digitales Avanzadas	387
5.4.2	Competencias Socioemocionales	388
5.5	Revolución Pedagógica	389
5.5.1	Micro aprendizaje y Nano-credenciales	390
5.5.2	Aprendizaje Adaptativo e IA Pedagógica	391
5.6	Recomendaciones Estratégicas para el Rediseño del Trabajo	393
5.6.1	Marco Estratégico de Transformación	393
5.6.2	Ejemplo: Hoja de Ruta (Roadmap) de Implementación 2025-2030	393
5.7	Diseño Inclusivo y Neurodiversidad en el Trabajo Docente	396

5.7.1	Adaptaciones para la Neurodiversidad	396
5.7.2	Accesibilidad Universal	397
5.8	Ergonomía del Comportamiento y Cultura de Bienestar	398
5.8.1	Fomento de la Actividad Física y Pausas Activas . . .	398
5.8.2	Programas de Bienestar Integral	399
5.9	Integración de la Ergonomía en la Planificación Estra- tégica Universitaria	399
5.9.1	La Ergonomía como Pilar de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU)	399
5.9.2	Investigación y Desarrollo en Ergonomía Educativa . .	400
5.9.3	Políticas y Normativas Internas	400

Anexos

402

1.1	Anexo 1: Información Técnica	403
1.1.1	Glosario De Términos Ergonómicos En Espacios Edu- cativos	403
1.1.2	Resumen De Normas Citadas	420
1.1.3	Legislación Española Citada	422
1.1.4	Notas Técnicas De Prevención (NTP) Del INSST Ci- tadas	423
1.1.5	Recursos Web Principales	424
1.2	Anexo 2: Instrumentos De Evaluación Ergonómica . .	425
1.2.1	Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment) . . .	425
1.2.2	Método REBA (Rapid Entire Body Assessment) . . .	426
1.2.3	Método OWAS (Ovako Working Posture Analysis Sys- tem)	427
1.2.4	Ecuación Revisada De NIOSH	427
1.2.5	Método JSI (Job Strain Index)	429
1.2.6	Software De Análisis	429
1.2.6.1	ERGO IBV	429
1.2.6.2	ERGOSOFT	430
1.3	Anexo 3: Cuestionarios Ergonómicos Para Docentes .	431
1.3.1	Cuestionario De Síntomas Musculoesqueléticos (Adap- tado Del Nordic Questionnaire)	431
1.3.2	Cuestionario De Carga Mental (NASA-TLX Adaptado)	435

1.3.3	Cuestionario De Factores Psicosociales (JCQ - Job Content Questionnaire)	438
1.4	Anexo 4: Modelos De Check List Para Evaluación . .	441
1.4.1	Ejemplo Check List Para Evaluación Ergonómica De Aulas	441
1.4.2	Check List Para Oficinas Docentes	444
1.5	Anexo 5: Recursos Digitales	447
1.5.1	Bases De Datos Especializadas	447
1.5.2	Repositorios Institucionales Ecuatorianos	449
1.5.3	Revistas Científicas De Alto Impacto	450
1.5.4	Plataformas De Formación Online	452
1.5.5	Canales De YouTube Especializados	454
1.5.6	Podcasts De Ergonomía	455
1.6	Anexo 6: Formación Docente Para Análisis Ergonómico	455
1.6.1	Herramientas De Capacitación Virtual	455
1.6.2	Capacitación Recomendada	458
1.7	Anexo 7: Marco Legal De Seguridad Y Salud En El Trabajo En Ecuador	459
1.7.1	Resumen	459
1.7.2	Introducción	459
1.7.3	Jerarquía Normativa	460
1.8	Conclusiones Y Recomendaciones	467

Índice de figuras

1	Figura 1: <i>Ramas Principales de la Ergonomía</i>	7
2	Figura 2: <i>Interrelación entre Diseño del Trabajo y Ergonomía</i>	11
3	Figura 3: <i>Modelo conceptual para adaptación ergonómica</i>	21
4	Figura 4: <i>Datos antropométricos de docentes universitarios en postura de pie y postura sentada</i>	30
5	Figura 5: <i>Postura de pie y postura sentada</i>	31
6	Figura 6: <i>Interrelación de las Ramas de la Ergonomía en el Entorno Docente</i>	39
7	Figura 7: <i>Ejemplo de Puesto de Trabajo Docente Remoto con Riesgos Ergonómicos Comunes</i>	50
8	Figura 8: <i>Procedimiento para realizar intervenciones ergonómicas</i>	84
9	Figura 9: <i>Configuración Ergonómica Ideal del Puesto de Trabajo con Computadora</i>	104
10	Figura 10: <i>Elementos Clave de una Guía de Auto-cuidado Ergonómico</i>	126
11	Figura 11: <i>Ciclo de Mejora Continua (PHVA) Aplicado a la Ergonomía Docente</i>	136
12	Figura 12: <i>Pilares de la Ergonomía Sostenible en Entornos Universitarios</i>	170
13	Figura 13: <i>Enfoque sistemático de Lean</i>	192
14	Figura 14: <i>Hoja de Ruta para Implementar Lean Education</i>	264
15	Figura 15: <i>VSM para un Docente Universitario (Proceso Semanal de Docencia)</i>	278

16	Figura 16: <i>Ejemplo Diagrama de Espagueti, Recorrido Docente</i>	313
17	Figura 17: <i>Comparación entre docentes necesarios y disponibles por escenario</i>	351
18	Figura 18: <i>Modelo conceptual</i>	354
19	Figura 19: <i>Resultados con datos hipotéticos</i>	355
20	Figura 20: <i>Flujo del Proceso</i>	356
21	Figura 21: <i>Distribución presupuestaria por escenario</i>	362
22	Figura 22: <i>Gamificación educativa</i>	364
23	Figura 23: <i>Gamificación Educativa Dinámica</i>	364
24	Figura 24: <i>Técnica Mecánica de juegos</i>	365
25	Figura 25: <i>Ejemplo: Panel de Gamificación Educativa</i>	368
26	Figura 26: <i>Elementos Clave del Ecosistema Híbrido Ergonómico para Docentes</i>	386
27	Figura 27: <i>Cuestionario de Síntomas Musculoesqueléticos (Nordic Questionnaire)</i>	434
28	Figura 28: <i>Escala NASA-TLX para Evaluación de Carga Mental</i>	437

Índice de tablas

1	<i>Beneficios del Diseño del Trabajo Ergonómico</i>	14
2	<i>Datos antropométricos de docentes universitarios de pie</i>	29
3	<i>Datos antropométricos de docentes universitarios sentados</i>	30
4	<i>Ejemplo de Caracterización Integral de Demandas Físicas en Actividades Docentes Universitarias</i>	34
5	<i>Demandas de trabajo físico comunes en el docente y posibles consecuencias ergonómicas</i>	41
6	<i>Análisis detallado de carga física por grupos musculares en actividades docentes</i>	42
7	<i>Comparación con los datos de dos ejemplos</i>	52
8	<i>Matriz integral de riesgo de TME por actividad docente</i>	53
9	<i>Síndrome Visual Informático: análisis comparativo</i>	55
10	<i>Parámetros visuales críticos en trabajo docente digital</i>	56
11	<i>Evaluación de Riesgos Ergonómicos para Docentes (Ejemplo Simplificado)</i>	61
12	<i>Métodos Cuantitativos Especializados</i>	62
13	<i>Elaboración propia Matriz de Evaluación de Criterios Ergonómicos (MEC-Docente)</i>	80
14	<i>Dimensiones Antropométricas Clave y su Aplicación en el Diseño del Mobiliario Docente (Valores Sugeridos en cm)</i>	88
15	<i>Datos antropométricos locales: Dimensiones Antropométricas Clave para Mobiliario Docente basada en ISO 9241-5</i>	90
16	<i>Especificaciones Silla Docente Ergonómica, basada en ISO 9241-5</i>	92

17	<i>Dimensiones Antropométricas de Docentes Universitarios Ecuatorianos</i>	93
18	<i>Distribución Vertical de Estanterías</i>	99
19	<i>Dimensiones Recomendadas para Escritorios Docentes Multifuncionales</i>	101
20	<i>Especificaciones Técnicas Equipos Informáticos</i>	105
21	<i>Especificaciones Técnicas Integrales para Sillas Ergonómicas Docentes</i>	107
22	<i>Zonificación Ergonómica Integral de Estanterías</i>	110
23	<i>Rutina de Ejercicios por Tiempo Disponible</i>	114
24	<i>Evaluación Heurística Plataformas LMS</i>	118
25	<i>Comparativa de Plataformas Educativas 2025</i>	121
26	<i>Ejemplo de Pausas Activas para Docentes (Cada 60 minutos de trabajo)</i>	125
27	<i>Composición del Equipo de Diseño Participativo</i>	131
28	<i>Puntos de contacto Críticos en la Jornada Docente</i>	133
29	<i>Ejemplo de Módulos del Programa de Formación Ergonómica</i>	141
30	<i>Resultados de Efectividad Programa de Formación</i>	143
31	<i>Adaptaciones para Docentes con Discapacidad Visual</i>	147
32	<i>Checklist de Dimensiones de Evaluación para Accesibilidad Universal en Espacios Docentes</i>	149
33	<i>Ejemplos de Intervenciones Ergonómicas de Bajo Costo y Alto Impacto</i>	151
34	<i>Ejemplos de Intervenciones Posturales Costo-Efectivas</i>	153
35	<i>Implementación Sistema 5S en Oficinas Docentes</i>	156
36	<i>Indicadores de Evaluación con Metas Fundamentadas en Evidencia</i>	162
37	<i>Análisis de ROI Basado en Evidencia Longitudinal</i>	164
38	<i>Soluciones Ergonómicas Ecoeficientes</i>	172
39	<i>Matriz de Madurez Ergonómica Institucional</i>	181
40	<i>Tiempos Estándar para Actividades Docentes Principales, ejemplo simulado</i>	199
41	<i>Ejemplo SIPOC – Proceso de Admisión Universitaria</i>	239
42	<i>Elementos de Línea Base (Baseline)</i>	243
43	<i>Gráficas SPC aplicadas a Educación</i>	256

44	<i>Simbología VSM Educativa</i>	274
45	<i>Actividades consideradas en el Distributivo</i>	276
46	<i>VSM para un Docente Universitario (Flujo de Valor: Proceso Semanal de Docencia)</i>	277
47	<i>Resumen de Flujo de Valor</i>	278
48	<i>Resumen de componentes en cada fase</i>	345
49	<i>Resumen de componentes en la fase de HACER</i>	346
50	<i>Resumen de componentes en la fase de VERIFICAR</i>	346
51	<i>Resumen de componentes en la fase de ACTUAR</i>	347
52	<i>Tipologías de Espacios Docentes Futuros</i>	376
53	<i>Impacto Ergonómico de la IA en Tareas Docentes</i>	379
54	<i>Aplicaciones de IA en Ergonomía Docente</i>	380
55	<i>Potencial de Automatización por Actividad Docente</i>	381
56	<i>Dimensiones de Flexibilidad en el Trabajo Docente</i>	382
57	<i>Checklist Ergonómico para Trabajo Híbrido</i>	383
58	<i>Competencias Digitales Emergentes para Docentes</i>	387
59	<i>Evaluación de Competencias Socioemocionales Docentes</i>	389
60	<i>Comparación entre Modelo Tradicional y Microlearning</i>	391
61	<i>Niveles de Madurez en Transformación del Trabajo Docente</i>	393
62	<i>Evaluación de Síntomas Musculoesqueléticos por Región</i>	433
63	<i>Tabla de Evaluación del Método NASA TLX</i>	437
64	<i>Tabla de Puntajes NASA TLX</i>	438
65	<i>Dimensiones y Distribución Espacial</i>	441
66	<i>Mobiliario Docente</i>	442
67	<i>Equipamiento Tecnológico</i>	442
68	<i>Iluminación</i>	443
69	<i>Acústica</i>	443
70	<i>Ventilación y Calidad del Aire</i>	444
71	<i>Espacio de Trabajo</i>	445
72	<i>Equipamiento Informático</i>	445
73	<i>Mobiliario</i>	446
74	<i>Almacenamiento</i>	446
75	<i>Iluminación Específica</i>	447
76	<i>Resumen de Capacitación (programación anual)</i>	458

Índice de ecuaciones

1	Fórmula del Tiempo Estándar	198
2	Fórmula de Productividad Docente General	201
3	Fórmula de Eficiencia en Evaluaciones	201
4	Fórmula del Índice de Utilización de Recursos	201
5	Fórmula de Carga Equivalente	207
6	Fórmula de Eficiencia del Flujo de Valor	275
9	Función objetivo de optimización de recursos docentes	350
10	Fórmula de flujo de efectivo con incertidumbre	352
11	Tiempo promedio en cola	358
12	Número promedio en sistema	358
13	Utilización del sistema	358
14	Probabilidad de espera	358
15	Función objetivo de optimización presupuestaria	361
16	Límite Peso Recomendado (RWL)	428

PRESENTACIÓN

La obra aborda una problemática fundamental en el ámbito académico contemporáneo: el diseño ergonómico de los puestos de trabajo para docentes universitarios, con el propósito de mejorar las condiciones laborales de quienes dedican su vida a la formación de profesionales.

La labor docente ha experimentado transformaciones sustanciales en los últimos años. Los educadores permanecen jornadas prolongadas frente a computadoras y otros dispositivos tecnológicos, adoptando posturas estáticas durante extensos períodos, lo que los expone a diversos factores de riesgo ergonómico que pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos y otras afecciones relacionadas con el trabajo.

Esta nueva realidad genera la necesidad de un análisis riguroso y sistemático desde la perspectiva de la ingeniería industrial y la ergonomía aplicada. El enfoque metodológico se fundamenta en conceptos propios de la Ingeniería Industrial orientados a la mejora del puesto de trabajo, así como en el estudio de los riesgos ergonómicos presentes en el entorno laboral docente y sus principales causas.

Finalmente, se presentan criterios técnicos útiles para la toma de decisiones en el diseño y la adecuación de espacios de trabajo académicos, junto con sugerencias prácticas, viables y debidamente funda-

mentadas, que promueven la solución de problemas y la mitigación de riesgos laborales, contribuyendo al bienestar del docente y a la prevención de riesgos laborales.

PRÓLOGO

La evolución del sistema educativo terciario demanda la implementación de modelos innovadores en la configuración de ambientes ocupacionales que favorezcan simultáneamente el rendimiento académico óptimo y el bienestar holístico del cuerpo docente. Esta publicación responde a la imperativa necesidad de atender las problemáticas ergonómicas particulares que experimentan los profesores universitarios en un escenario caracterizado por la rápida digitalización y la modificación de las modalidades pedagógicas.

El conocimiento acumulado mediante la praxis institucional en la Universidad Técnica del Norte, complementado con el trabajo investigativo interdisciplinario ejecutado por nuestro grupo de investigación, ha facilitado la detección de áreas estratégicas de intervención para optimizar las condiciones ocupacionales del personal docente, a través de la implementación metódica de fundamentos ergonómicos y metodologías propias de la ingeniería industrial.

RESUMEN EJECUTIVO

La base del diseño ergonómico de las estaciones de trabajo destinadas al personal académico universitario debe contemplar fundamentos científicos, técnicas actualizadas y metodologías propias de la ingeniería industrial que permitan mejorar los métodos de trabajo y disminuir los desperdicios. El presente documento es producto de un análisis investigativo desarrollado en la Universidad Técnica del Norte y responde a la creciente demanda de optimización de los entornos laborales académicos en el contexto ecuatoriano.

Asimismo, considera las exigencias ergonómicas existentes, las cuales progresivamente continúan intensificándose como consecuencia del uso intensivo de instrumentos tecnológicos emergentes y de la evolución tecnológica continua.

Introducción

*Introducción General: Fundamentos Teóricos
de la Ergonomía en Contextos Educativos*

1 Contexto y Justificación

El trabajo, en general, ha sufrido transformaciones significativas desde la pandemia de COVID-19 (Lund et al., 2021). Las empresas y los consumidores han adoptado nuevos comportamientos que probablemente se mantendrán en el tiempo, modificando la trayectoria de diversos grupos de tendencias. En este contexto, se observa un fuerte impacto en los mercados laborales tanto antes como después de la pandemia.

En el caso del trabajo docente universitario, García-Salirrosas señala que la prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos por segmento fue del 100 % (n=110) de la población encuestada, encontrándose mayor frecuencia en la columna dorsolumbar con un 67,2 % (n=74) y en el cuello con un 64,5 % (n=71). En menor porcentaje se presentaron afecciones en el hombro con un 44,5 % (n=49), muñeca/mano con un 38,2 % (n=42) y codo/antebrazo con un 19,1 % (n=21).

Los docentes relacionaron estos trastornos musculoesqueléticos con posturas prolongadas en rangos del 26,8 % al 50 %, y con largas jornadas laborales entre el 12,5 % y el 26,8 %. El grupo etario predominante correspondió a edades entre 41 y 50 años con un 39,1 % (n=43), seguido del grupo de 31 a 40 años con un 28,2 % (n=31). Del total de participantes, el 70,9 % (n=78) fueron varones y el 29,1 % (n=32)

mujeres (Campos, 2022; García Salirrosas & Sánchez Poma, 2020). Un estudio realizado en una universidad evaluó, mediante una metodología cuantitativa, las condiciones ergonómicas de 30 docentes (24 hombres y 6 mujeres), utilizando el Cuestionario Nórdico de Kuorinka y los métodos REBA y ROSA. Los resultados evidenciaron que el 57 % de los docentes experimenta molestias musculoesqueléticas, afectando principalmente el cuello (87 %), la zona lumbar (80 %), la muñeca derecha (70 %), la zona dorsal (67 %), las rodillas (67 %), el hombro derecho (63 %), la mano derecha (63 %) y las piernas (53 %). Estas afecciones se asociaron con la exposición a posiciones forzadas, movimientos repetitivos de las extremidades superiores, posturas estáticas prolongadas y trabajo continuo con pantallas de visualización de datos. El método REBA aplicado en el aula determinó un riesgo alto en el 19,93 % y muy alto en el 79,9 % de los docentes, con mayor prevalencia en hombres. Por su parte, el método ROSA aplicado en los cubículos evidenció un riesgo medio en el 69,96 %, alto en el 23,3 % y muy alto en el 6,66 %. Estos resultados demuestran la necesidad de implementar un plan de prevención basado en la jerarquía de control de riesgos y en medidas preventivas específicas para mejorar las condiciones laborales del personal docente (Yépez, 2024).

De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo, el dise-

ño ergonómico del trabajo se define como el proceso de adaptar el ambiente laboral, las herramientas y las actividades a las características y habilidades de cada trabajador, con el objetivo de mejorar su salud, bienestar y productividad. Este enfoque permite reducir el desgaste físico, el cansancio y la probabilidad de sufrir lesiones o enfermedades relacionadas con el trabajo (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2024).

2 Ergonomía: Alcance y Objetivos

El trabajo en el siglo XXI ha evolucionado desde una naturaleza predominantemente física hacia una estructura en la que convergen demandas cognitivas, sociales y tecnológicas. Este nuevo enfoque plantea retos relevantes para la salud ocupacional, la productividad y el bienestar de los trabajadores. En este sentido, la ergonomía se constituye como un campo científico esencial al integrar salud, seguridad y eficiencia en el diseño de los sistemas de trabajo (Oakman et al., 2019).

La ergonomía interrelaciona a las personas con los distintos elementos que conforman un sistema laboral, y tiene como objetivo aplicar principios y teorías que incrementen el bienestar humano y, de forma paralela, el rendimiento del sistema (ISO, 2016). En los espacios docentes universitarios, su aplicación presenta una complejidad par-

ticular, ya que no se limita únicamente al diseño físico del entorno, sino que debe abarcar también dimensiones cognitivas, emocionales y organizacionales propias del trabajo académico (Bridger, 2017).

El presente documento integra conocimientos de ergonomía física, cognitiva y organizacional con herramientas de la ingeniería de procesos, proporcionando un marco metodológico para la transformación de espacios educativos universitarios. En este ámbito, dichas dimensiones se manifiestan de manera simultánea, generando sinergias y tensiones que influyen directamente en la calidad del desempeño académico y en la sostenibilidad de la labor docente.

2.1 Objetivos fundamentales de la ergonomía en entornos educativos universitarios

Los objetivos fundamentales de la ergonomía en entornos educativos universitarios se estructuran en cinco dimensiones críticas e interrelacionadas:

1. Optimización del rendimiento académico y productivo:

Analizar las condiciones ambientales y organizacionales desde un enfoque de Ingeniería Industrial, Ergonomía, Seguridad y Salud en el Trabajo, adaptadas al sector educativo, con el fin de crear condiciones que faciliten la concentración, la creatividad y la productividad intelectual en actividades de docencia, investigación y gestión académica.

2. **Prevención de riesgos laborales en el sector educativo:**

Establecer fundamentos científicos para el diseño ergonómico en contextos de educación superior y el diseño de programas que minimicen los trastornos musculoesqueléticos, la fatiga visual, el estrés tecnológico y otras patologías ocupacionales presentes en el personal académico.

3. **Promoción del bienestar integral del personal académico:**

Proporcionar herramientas prácticas para la evaluación y mejora de las condiciones laborales docentes mediante el diseño de espacios físicos confortables que estimulen el desempeño, minimicen los niveles de estrés asociados a la actividad docente y fortalezcan el sentido de pertenencia institucional.

4. **Diseño inclusivo y accesibilidad laboral:**

Promover espacios laborales inclusivos y equitativos, orientados a la diversidad funcional del personal docente y a la variabilidad antropométrica, garantizando que los espacios físicos cumplan con criterios universales de accesibilidad y equidad laboral.

5. **Sostenibilidad y administración ambiental:**

Integrar criterios de sostenibilidad organizacional, eficiencia energética, administración de recursos materiales y viabilidad económico-financiera a largo plazo en las intervenciones ergonómicas, in-

corporando principios de responsabilidad social empresarial y gestión ambiental institucional.

En el contexto de la transformación digital acelerada y de los modelos pedagógicos híbridos (presencial–remoto), los objetivos estratégicos plantean nuevas exigencias ergonómicas, productivas y de salud laboral, lo que demanda la adopción de estrategias metodológicas adaptativas e innovadoras (Vera Díaz et al., 2017). En esencia, la ergonomía se fundamenta en el principio de ajustar el trabajo a la persona y no la persona al trabajo, buscando crear entornos, herramientas y sistemas que se adapten a las capacidades y limitaciones humanas, minimizando riesgos, esfuerzo y fatiga, y maximizando el confort, la eficiencia y la seguridad (Instituto Nacional de Seguridad y Salud el Trabajo [INSST], 1998). Véase la Figura 1.

Figura 1:
Ramas Principales de la Ergonomía



Nota: Autores, 2025; Open AI, 2025.

3 La Ergonomía: La Ciencia de Adaptar el Trabajo a la Persona

La ergonomía, también denominada ingeniería de factores humanos (*Human Factors Engineering*), constituye una disciplina científica interdisciplinaria orientada al análisis sistemático de las interacciones entre los componentes humanos y los elementos constitutivos de un sistema sociotécnico. Su propósito fundamental radica en la aplicación integrada de marcos teóricos, principios científicos, datos empíricos y metodologías de diseño centrado en el usuario, con el fin de optimizar simultáneamente el bienestar psicofisiológico del individuo y el desempeño global del sistema productivo (R. E. W. Karwowski, 2020).

En términos operativos, la ergonomía combina ciencia y técnica para lograr que las personas trabajen en armonía con su ambiente laboral, considerando de manera integral aspectos físicos, mentales, organizacionales, ambientales y sociales. Esta aproximación sistémica permite comprender que el rendimiento humano y la salud ocupacional dependen de la adecuada adaptación del trabajo a las capacidades y limitaciones del ser humano (véase Figura 2).

3.1 Ramas de la Ergonomía

La ergonomía se estructura en diversas ramas que, de forma complementaria, abordan las múltiples dimensiones del trabajo humano. Entre las principales se destacan las siguientes:

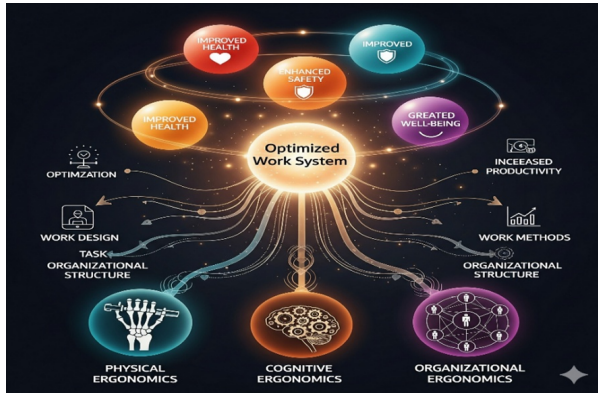
- **Ergonomía Física:** Se enfoca en el estudio del funcionamiento del cuerpo humano durante la ejecución del trabajo, considerando aspectos como la anatomía, la fisiología y la biomecánica de los movimientos corporales. Esta rama se orienta al diseño adecuado de espacios de trabajo, herramientas y mobiliario, así como al análisis de posturas, movimientos repetitivos, manipulación de cargas y estrategias de prevención de lesiones musculoesqueléticas. Ejemplos de su aplicación incluyen el diseño de sillas de oficina ajustables que respeten la curvatura natural de la columna lumbar, o teclados que permitan mantener las muñecas en una posición neutra y relajada (Pheasant, 2016).
- **Ergonomía Cognitiva:** Se centra en la adaptación del entorno laboral y de las tareas a las capacidades mentales y limitaciones humanas, tales como la memoria, la atención, la percepción, el razonamiento y la toma de decisiones. Su objetivo es optimizar la interacción entre el usuario y el sistema,

reduciendo la carga mental y la probabilidad de error humano. Ejemplos representativos incluyen el diseño de interfaces de usuario intuitivas, manuales claros y sistemas de gestión académica que reduzcan la necesidad de memorización y proporcionen retroalimentación oportuna (Wickens et al., 2015).

- **Ergonomía Organizacional (Macroergonomía):** Su alcance comprende el diseño y la mejora de las estructuras organizacionales, las políticas, las normas y los procesos operativos. Incluye el análisis de las dinámicas de comunicación, la colaboración interdisciplinaria, la programación de jornadas laborales, la gestión de turnos, la cultura de seguridad ocupacional, las modalidades de trabajo remoto y distribuido, así como los procesos de gestión del cambio organizacional. Desde este enfoque sistémico, se reconoce que el bienestar ocupacional integral del trabajador no depende únicamente de las condiciones ergonómicas de su puesto individual, sino también de factores como el clima laboral, la cultura organizacional y las estructuras de gestión institucional (Suárez Vega, 2020).

Figura 2:

Interrelación entre Diseño del Trabajo y Ergonomía



Nota: Autores, 2025; Open AI, 2025.

4 El Diseño del Trabajo: Evolución de un Concepto Central

Inicialmente, el diseño del trabajo, influenciado por la administración científica de Frederick Taylor a principios del siglo XX, se centró casi exclusivamente en la eficiencia y la productividad. Este enfoque buscaba simplificar las tareas, estandarizar los movimientos y especializar a los trabajadores con el objetivo de maximizar la producción. Sin embargo, dicha perspectiva no consideraba el factor humano, lo que generó monotonía, fatiga y, en numerosos casos, problemas de salud y desmotivación laboral (Taylor, 2005).

Posteriormente, los aspectos motivacionales y psicológicos fueron incorporados al reconocerse que un trabajador satisfecho y comprome-

tido tiende a ser más productivo. Surgieron teorías como el enriquecimiento del puesto de trabajo propuesto por Herzberg y el modelo de características del puesto de trabajo desarrollado por Hackman y Oldham, los cuales destacaron la importancia de la variedad de habilidades, la autonomía, la relevancia de la tarea, la retroalimentación y la identidad con el trabajo para incrementar la satisfacción y la motivación intrínseca (Hackman & Oldham, 1976).

El diseño del trabajo moderno adopta una perspectiva integral y multidisciplinaria. Además de considerar la eficiencia y la motivación, incorpora de manera explícita la salud, la seguridad y el bienestar del trabajador. Se establece así que un diseño del trabajo efectivo debe adaptarse a las capacidades y limitaciones físicas, cognitivas y psicosociales del ser humano, garantizando un equilibrio óptimo entre las exigencias de la tarea, el ambiente laboral y las características individuales del trabajador. Este enfoque permite abordar problemáticas contemporáneas como el estrés laboral, los trastornos musculoesqueléticos y el agotamiento profesional o *burnout* (Afridah et al., 2025; Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2024).

Desde esta perspectiva, el diseño del trabajo contempla la forma en que se estructuran las tareas, los roles y las responsabilidades dentro de una organización. Tradicionalmente, el énfasis se colocaba en la eficiencia; sin embargo, un enfoque ergonómico del diseño del

trabajo incorpora el bienestar del trabajador como un componente central. No se trata únicamente de definir qué se hace, sino también de analizar cómo, dónde y con qué recursos se desarrolla la actividad laboral.

4.1 Equilibrio en el Diseño del Trabajo Ergonómico

Un diseño del trabajo con enfoque ergonómico busca un equilibrio dinámico entre los siguientes elementos:

1. **Demandas de la tarea:** Nivel de complejidad, repetitividad y exigencia física o cognitiva de las actividades.
2. **Recursos y ambiente de trabajo:** Herramientas, equipos, mobiliario, condiciones de iluminación, ruido y temperatura.
3. **Características del trabajador:** Capacidades físicas y cognitivas, experiencia previa y preferencias individuales.

La Tabla 1 presenta ejemplos representativos de los beneficios asociados a un diseño del trabajo con enfoque ergonómico.

Tabla 1:*Beneficios del Diseño del Trabajo Ergonómico*

Categoría de beneficio	Descripción detallada	Impacto en el contexto docente
Salud y bienestar	Reducción de la fatiga física y mental. Prevención de lesiones y enfermedades ocupacionales, como los trastornos musculoesqueléticos. Mejora del confort y de la calidad de vida laboral.	Disminución de dolores en espalda, cuello, muñeca y antebrazo. Menor fatiga visual y mental. Incremento de la satisfacción laboral.
Productividad y eficiencia	Optimización de movimientos y procesos. Reducción de errores y retrabajos. Aumento de la velocidad y precisión en la ejecución de tareas.	Mejora en la preparación de clases y en la corrección de evaluaciones. Menor tiempo perdido por incomodidad o errores operativos.
Calidad	Mejora de la calidad del trabajo y de los resultados obtenidos. Reducción de defectos y fallos en los procesos.	Mayor concentración en la enseñanza y elaboración de materiales didácticos de mejor calidad.
Seguridad	Reducción de riesgos de accidentes e incidentes laborales. Ambientes de trabajo más seguros.	Disminución de tropiezos, caídas o lesiones mediante el uso adecuado de equipos y mobiliario.
Motivación y clima laboral	Incremento de la satisfacción, el compromiso y la moral del personal. Reducción del ausentismo y la rotación laboral.	Docentes más motivados y comprometidos. Mayor retención de talento y reducción del agotamiento profesional.
Retorno de inversión (ROI)	Reducción de costos asociados a bajas médicas, compensaciones y rotación de personal. Incremento de la productividad y la calidad institucional.	Ahorro en costos de atención médica y mejora del rendimiento académico institucional.

Nota: Elaboración propia.

5 La Importancia de la Ergonomía en la Educación Superior Ecuatoriana

El ámbito de la educación superior en el Ecuador constituye un caso de estudio paradigmático para la aplicación de la ergonomía y del diseño del trabajo. Los docentes universitarios enfrentan una carga laboral multifacética que trasciende la enseñanza presencial, integrando actividades de investigación, gestión académica, vinculación con la sociedad y uso intensivo de tecnologías digitales (Defranc Balanzategui et al., 2025).

Esta complejidad funcional expone al personal docente a múltiples factores de riesgo ergonómico, cognitivo y psicosocial, los cuales inciden directamente en su salud, desempeño profesional y calidad del proceso educativo.

5.1 Demandas Específicas del Trabajo Docente

El trabajo docente universitario presenta un conjunto de demandas específicas que incrementan la exposición a riesgos ergonómicos y psicosociales, entre las que se destacan:

- **Elevada carga cognitiva:** La planificación curricular, el diseño de evaluaciones, la producción científica, la actualización permanente de conocimientos y el manejo simultáneo de múltiples plataformas digitales (LMS, SGA, herramientas de video-

conferencia) generan una elevada carga mental y favorecen la aparición de tecnoestrés (Defranc Balanzategui et al., 2025).

- **Demandas físicas prolongadas:** La permanencia prolongada en posturas estáticas (sedente frente al computador o bípoda frente a la pizarra), los movimientos repetitivos asociados al uso de teclado y ratón, y la manipulación ocasional de materiales didácticos contribuyen a una alta prevalencia de trastornos musculoesqueléticos, especialmente en cuello, hombros y región lumbar (Pheasant, 2016; Salvendy, 2006).
- **Trabajo doméstico y teletrabajo:** La enseñanza híbrida y el teletrabajo han evidenciado deficiencias significativas en los puestos de trabajo domiciliarios del personal docente, los cuales suelen carecer de mobiliario adecuado y condiciones ergonómicas apropiadas (Becerra Ostos et al., 2024).
- **Presiones psicosociales:** Las exigencias de rendimiento académico, los plazos de entrega, la presión por la producción científica, la gestión de grupos numerosos de estudiantes y la dificultad para conciliar la vida laboral y personal contribuyen al incremento del estrés laboral y, en casos severos, al desarrollo del síndrome de *burnout* (Fernández Suárez et al., 2021).

Estudios recientes realizados en universidades ecuatorianas repor-

tan una elevada prevalencia de dolor lumbar crónico entre docentes, asociado tanto a la antigüedad laboral como al número de horas de trabajo frente al computador. Asimismo, se identifican deficiencias en iluminación y confort térmico en oficinas docentes, factores que afectan negativamente la concentración y el bienestar general (Villares et al., 2021).

5.2 Marco Normativo y Contexto Legal en el Ecuador

El marco legal ecuatoriano establece obligaciones explícitas para la prevención de riesgos laborales. El Código del Trabajo, en su Artículo 42, y el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (Decreto Ejecutivo 255) disponen que los empleadores, incluidas las instituciones de educación superior, deben garantizar ambientes de trabajo seguros y saludables, lo que comprende la identificación, evaluación y control de riesgos ergonómicos (Presidencia República del Ecuador, 2024).

En este contexto, la implementación de principios ergonómicos en el diseño del trabajo docente no constituye únicamente una buena práctica institucional, sino una obligación legal.

5.3 Transformación Digital y Nuevas Demandas Ergonómicas

La transformación digital de la educación superior ha introducido nuevas exigencias ergonómicas en el trabajo docente universitario.

El incremento del tiempo de exposición a pantallas, la intensificación del trabajo virtual y la conectividad permanente se asocian con un aumento de síntomas de fatiga visual, dolor cervical y lumbar, así como alteraciones en los patrones de sueño (Szeto et al., 2013).

Estas condiciones evidencian la necesidad de adaptar los espacios y herramientas de trabajo a las nuevas modalidades pedagógicas, incorporando criterios de ergonomía física, cognitiva y organizacional.

5.4 Factores de Riesgo en la Actividad Docente Universitaria

El trabajo docente universitario se caracteriza por su elevada multidimensionalidad, abarcando actividades de docencia presencial y virtual, investigación científica, gestión administrativa, tutorías académicas y extensión universitaria. Esta diversidad funcional genera demandas ergonómicas específicas que requieren espacios laborales adaptativos y tecnológicamente integrados (Liu et al., 2024).

5.4.1. Carga Laboral y Riesgos Psicosociales

La carga laboral excesiva, sumada en algunos casos a la necesidad de mantener múltiples empleos para asegurar estabilidad económica, constituye un factor de riesgo psicosocial significativo. El modelo demanda-control-apoyo de Karasek, validado en contextos académicos, establece que la combinación de altas demandas laborales, bajo

control sobre el trabajo y limitado apoyo social incrementa el riesgo de estrés laboral crónico y *burnout* académico (Fernández Suárez et al., 2021).

5.4.2. Demandas Cognitivas Intensificadas

El diseño de los espacios laborales docentes exige el procesamiento simultáneo de información multidimensional, incluyendo contenidos académicos, dinámicas grupales, retroalimentación estudiantil y requerimientos administrativos. Esta sobrecarga cognitiva puede generar fatiga mental y deterioro del rendimiento intelectual (Chen et al., 2022).

5.4.3. Tecnoestrés y Sobrecarga Digital

El tecnoestrés representa un factor de riesgo emergente de particular relevancia en el ámbito universitario. Se caracteriza por la dificultad de adaptación a nuevas tecnologías y por la sobrecarga cognitiva derivada del uso simultáneo de múltiples plataformas digitales (Mejías Herrera & Peláez Velázquez, 2019).

5.5 Marco Teórico Multidisciplinario del Diseño del Trabajo

El diseño del trabajo en entornos universitarios requiere un enfoque multidisciplinario que integre aportes de la ingeniería, la psi-

ciología organizacional, la medicina ocupacional y las ciencias de la educación. Esta integración permite desarrollar soluciones ergonómicas integrales que aborden tanto los riesgos tradicionales asociados al trabajo docente como aquellos emergentes derivados de la digitalización y las nuevas modalidades pedagógicas (W. Karwowski & Zhang, 2021).

5.6 Modelo Conceptual de Adaptación Ergonómica

El principio fundamental del diseño ergonómico se basa en la adaptación del entorno laboral a las características, capacidades y limitaciones del ser humano, en contraposición al enfoque tradicional que exigía la adaptación del trabajador al puesto de trabajo. En el ámbito docente universitario, una filosofía de diseño centrada en el usuario debe contemplar la diversidad de actividades, espacios y tecnologías involucradas.

Este modelo conceptual de adaptación ergonómica se ilustra en la Figura 3, la cual integra las dimensiones física, cognitiva y organizacional del trabajo docente.

Figura 3:

Modelo conceptual para adaptación ergonómica



Nota: OpenAI. (2025).

5.7 Principios Esenciales del Diseño Ergonómico

Los principios esenciales del diseño ergonómico en entornos educativos superiores incluyen:

- **Adaptabilidad universal:** Los espacios laborales deben acomodar la mayor diversidad posible de usuarios, considerando variables antropométricas, funcionales y cognitivas, con el fin de garantizar accesibilidad, confort y desempeño eficiente.
- **Flexibilidad funcional:** Capacidad de los espacios para adaptarse y reorganizarse según las distintas modalidades de trabajo que demanda la labor académica, tales como docencia, investigación, gestión y trabajo virtual.

- **Prevención primaria:** Diseño de los entornos desde una perspectiva preventiva, evitando desde el inicio condiciones que puedan generar riesgos para la salud física y mental.
- **Integración sistémica:** Interconexión coherente entre los elementos físicos, cognitivos y organizacionales del entorno laboral.

A pesar de la relevancia de estos principios, la ergonomía no suele ser considerada prioritaria en el diseño de los espacios destinados al trabajo docente. Esta omisión ha derivado en un incremento preocupante de problemas de salud ocupacional, destacando los Trastornos Musculoesqueléticos (TME) que afectan principalmente cuello, hombros, espalda y muñecas, así como fatiga visual, tensión emocional y, en casos más severos, el síndrome de agotamiento profesional o *burnout* (Suárez, 2024).

El Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo establece la obligación de las instituciones de garantizar ambientes laborales seguros y saludables mediante la prevención de riesgos ergonómicos. El incumplimiento de estas disposiciones conlleva sanciones legales y genera un deterioro progresivo del capital humano institucional, afectando directamente el desempeño y la sostenibilidad organizacional (Presidencia de la República del Ecuador, 2024).

5.8 Intervención Ergonómica y Beneficios en el Entorno Laboral Académico

La aplicación sistemática de principios ergonómicos en los entornos docentes universitarios genera múltiples beneficios, ampliamente documentados en la literatura científica, los cuales pueden analizarse desde distintas dimensiones.

5.8.1. Dimensión Física

Según los estudios de Sultan-Taïeb et al. (2017) y W. Santos et al. (2025), las intervenciones ergonómicas permiten:

- **Reducción de trastornos musculoesqueléticos:** Disminución significativa del dolor musculoesquelético asociado al trabajo, especialmente en la zona lumbar, espalda superior, cuello, muñecas y tobillos (W. Santos et al., 2025).
- **Disminución de la fatiga visual y auditiva** en entornos de enseñanza híbrida.
- **Optimización del confort térmico y acústico**, contribuyendo al bienestar físico durante la jornada laboral.

5.8.2. Dimensión Cognitiva

De acuerdo con Defranc Balanzategui et al. (2025a) y Garosi et al. (2025), un diseño ergonómico adecuado impacta positivamente en:

- La mejora de la capacidad de procesamiento de información.
- La reducción de la carga mental mediante el diseño intuitivo de interfaces.
- La optimización de la toma de decisiones en entornos académicos complejos.

5.8.3. Dimensión Organizacional

Desde una perspectiva organizacional, la ergonomía aplicada al diseño del trabajo académico permite:

- Un incremento de la satisfacción laboral entre un 25 % y 35 %, de acuerdo con el modelo motivacional de Herzberg (Nickerson, 2025).
- Mejores niveles de comunicación y colaboración interdisciplinaria.
- Fortalecimiento de la cultura organizacional.

5.8.4. Retorno de Inversión (ROI)

Las intervenciones ergonómicas en espacios docentes universitarios generan retornos de inversión (ROI) significativos, tanto cuantitativos como cualitativos.

Beneficios cuantitativos:

- Reducción del ausentismo laboral mediante la disminución de patologías asociadas a TME.
- Incremento de la productividad académica y administrativa.
- Disminución de costos médicos por reclamaciones relacionadas con TME.
- Aumento del retorno económico por cada dólar invertido en intervenciones ergonómicas participativas (Gupta et al., 2022).

Beneficios cualitativos:

- Mejora del clima organizacional.
- Incremento de la motivación y compromiso docente.
- Fortalecimiento de la imagen institucional.
- Mayor retención de talento académico calificado.

Capítulo 1

*Ergonomía en Contextos Educativos,
Fundamentos*

1.1 Principios Esenciales de la Ergonomía: Adaptación del Entorno al Ser Humano

La ergonomía, en su esencia, es la disciplina que busca la armonía entre el ser humano, su trabajo y el entorno. No se trata simplemente de colocar una silla cómoda, sino de adoptar una perspectiva integral que adapte el diseño de las tareas, las herramientas y el ambiente físico a las capacidades y limitaciones de las personas (International Ergonomics Association [IEA], 2000).

El entorno físico en el ámbito docente constituye un ejemplo práctico de esta problemática. Los pizarrones o pizarras blancas suelen fijarse a una altura estándar; en consecuencia, un docente de baja estatura debe estirar excesivamente el brazo para escribir en la parte superior, mientras que uno de mayor estatura debe encorvarse para alcanzar la parte inferior. Estas situaciones obligan a adoptar posturas forzadas que pueden derivar en trastornos musculoesqueléticos (TME), como cervicalgia o lumbalgia (Luna et al., 2025).

La implementación de pizarrones ajustables en altura o la disposición de escalones ergonómicos permitiría a cada docente mantener una postura cómoda durante el desarrollo de sus clases. No obstante, la adaptación ergonómica no debe limitarse únicamente a lo físico. Aspectos como la velocidad de procesamiento de información,

la complejidad de las tareas cognitivas y la necesidad de realizar múltiples actividades de manera simultánea también deben ser considerados.

Por ejemplo, un sistema de gestión académica (SGA) con procesos complejos e innecesarios genera una carga cognitiva excesiva en el docente, lo que se traduce en errores, frustración y disminución de la eficiencia laboral. La simplificación y optimización de estos procesos contribuye a mejorar el rendimiento y a reducir los niveles de estrés (W. Karwowski & Zhang, 2021).

La ergonomía se fundamenta en principios normativos como los establecidos en la norma ISO 6385:2016, titulada *Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo* (ISO, 2016).

1.1.1 Principio de Diversidad Humana (Principio de Adaptabilidad Universal)

Los principios fundamentales de la ergonomía aplicada a contextos educativos universitarios, que priorizan la adaptación del trabajo al ser humano y no a la inversa, se sustentan en la premisa de crear sinergias positivas entre el docente y su entorno de trabajo multidimensional. Esta aproximación exige considerar de forma simultánea las características antropométricas, las capacidades cognitivas, las preferencias laborales y las limitaciones individuales del personal académico.

La variabilidad antropométrica, cognitiva y cultural de los docentes universitarios hace indispensable el diseño de entornos inclusivos. En este contexto, las dimensiones antropométricas de la población docente ecuatoriana presentan las características estadísticas que se muestran en las Tablas 2 y 3, cuyas principales medidas se representan gráficamente en la Figura 4 (específicamente en la Figura 4.1 para la postura de pie). Para una comprensión más clara de las posturas de trabajo fundamentales, la Figura 5 ilustra tanto la postura de pie como la postura sentada, mostrando los puntos anatómicos clave considerados en las mediciones antropométricas.

Tabla 2:
Datos antropométricos de docentes universitarios de pie

Variable	Hombres (m)				Mujeres (m)			
	Promedio	σ	5%	95%	Promedio	σ	5%	95%
Estatura	1.690	0.060	1.570	1.810	1.550	0.050	1.450	1.650
Altura total	2.270	0.080	2.110	2.430	2.080	0.069	1.945	2.214
Codo-suelo	1.080	0.039	1.000	1.150	1.016	0.034	0.950	1.081
Nudillo-suelo	0.740	0.030	0.690	0.790	0.638	0.021	0.597	0.680
Horquilla esternal	1.407	0.050	1.310	1.510	1.258	0.041	1.176	1.339
Alcance frontal	0.630	0.020	0.590	0.680	0.580	0.019	0.543	0.618

Nota: Yépez Chicaíza (2024); López et al. (2020).

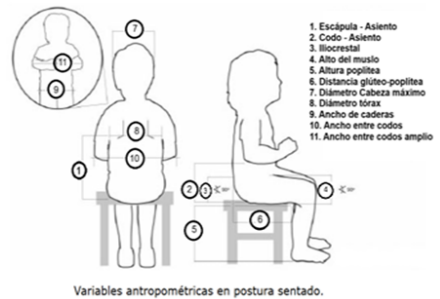
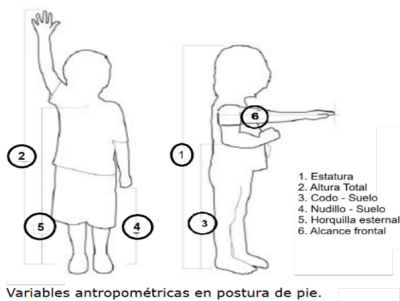
Tabla 3:*Datos antropométricos de docentes universitarios sentados*

Variable	Hombres (m)				Mujeres (m)			
	Promedio	σ	5%	95%	Promedio	σ	5%	95%
Escápula–asiento	0.422	0.015	0.392	0.452	0.387	0.013	0.362	0.412
Codo–asiento	0.211	0.008	0.196	0.226	0.193	0.006	0.181	0.206
Iliocrestal	0.106	0.004	0.098	0.113	0.097	0.003	0.090	0.103
Altura del muslo	0.127	0.005	0.117	0.136	0.116	0.004	0.109	0.124
Altura poplítea	0.485	0.018	0.450	0.520	0.445	0.015	0.416	0.474
Distancia glúteo–poplítea	0.443	0.016	0.411	0.475	0.406	0.013	0.380	0.433
Diámetro máximo de cabeza	0.169	0.006	0.157	0.181	0.155	0.005	0.145	0.165
Diámetro de tórax	0.401	0.015	0.372	0.430	0.348	0.011	0.326	0.371
Ancho de caderas	0.380	0.014	0.352	0.407	0.406	0.013	0.380	0.433
Ancho entre codos	0.475	0.017	0.441	0.509	0.435	0.014	0.407	0.463
Ancho entre codos amplio	0.844	0.031	0.783	0.905	0.774	0.026	0.724	0.824

Nota: Yépez Chicaíza (2024); López et al. (2020).

Figura 4:

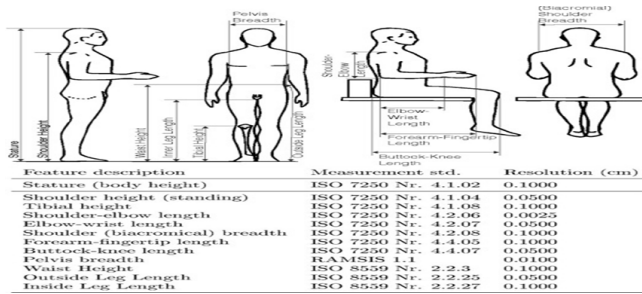
Datos antropométricos de docentes universitarios en postura de pie y postura sentada

**Figura 4.1.** Postura de pie**Figura 4.2.** Postura sentada

Nota: Yépez Chicaíza (2024), López et al. (2020), Heuschkel & Labudde (2024).

Figura 5:

Postura de pie y postura sentada



Nota: Heuschkel & Labudde (2024).

1.1.2 Principio de Usabilidad

El diseño debe ser intuitivo, eficiente y satisfactorio. En entornos docentes, esto se traduce en:

- Interfaces de software educativo con arquitectura de información clara
- Mobiliario con ajustes simples y rápidos
- Señalización ergonómica y wayfinding intuitivo (El wayfinding integra la señalética con la arquitectura, la psicología y el diseño para guiar eficazmente a los usuarios por el campus, reduciendo el estrés asociado con la desorientación al mejorar la accesibilidad) (Sánchez & Olivares, 2020).

1.1.3 Principio de Compatibilidad

Los sistemas deben ser compatibles con:

- **Compatibilidad espacial:** Ubicación lógica de controles y elementos
- **Compatibilidad temporal:** Sincronización adecuada de procesos
- **Compatibilidad modal:** Coherencia entre diferentes modos de interacción

1.1.4 Ergonomía Multidimensional en Entornos Docentes (Ergonomía Física, Cognitiva y Organizacional)

La complejidad del trabajo docente se analiza desde las tres macro ramas de la ergonomía:

1.1.4.1. Ergonomía Física

Se centra en las respuestas del cuerpo humano a las cargas físicas y mecánicas. En el entorno docente, esto se manifiesta en:

- **Posturas de trabajo:** Permanecer de pie durante horas impartiendo clases, sentado frente a la computadora corrigiendo exámenes, o realizando movimientos repetitivos con el ratón y el teclado.
- **Manejo de materiales:** Cargar y transportar libros, equipos audiovisuales u otros materiales.

- **Diseño del mobiliario:** Utilizar sillas, escritorios, atriles, estaciones de trabajo de laboratorio y distribución del aula. Por ejemplo, utilizar una silla sin soporte lumbar ni ajustes adecuados provoca posturas incorrectas y presión excesiva en la columna, causando dolor crónico (Yurek, 2025).

La ergonomía física relaciona las características anatómicas, antropométricas y biomecánicas del docente con elementos físicos del entorno laboral. Las demandas físicas específicas del trabajo docente incluyen posturas prolongadas de bipedestación durante clases magistrales (90–180 minutos), sedestación estática durante actividades de investigación y escritura (180–480 minutos), y manipulación frecuente de materiales didácticos y tecnológicos (Chaffin et al., 2006). Ver Tabla 4.

Tabla 4:*Ejemplo de Caracterización Integral de Demandas Físicas en Actividades Docentes Universitarias*

Actividad Docente	Postura Predominante	Duración típica	% CVM Muscular	Riesgos Primarios
Clase magistral	Bipedestación dinámica	90–180 min	12–20 %	Fatiga podal, tensión lumbar
Investigación/escritura	Sedestación estática	180–480 min	22–28 %	Dolor cervical, síndrome túnel carpiano
Laboratorio/taller	Mixta (flexiones frecuentes)	120–240 min	18–35 %	Sobrecarga lumbar, fatiga postural
Clases virtuales	Sedestación prolongada	120–240 min	20–40 %	Tensión cervical, fatiga visual
Evaluación	Sedestación prolongada	240–720 min	15–25 %	Dolor lumbar, fatiga ocular

Nota. % CVM Muscular: Contracción Voluntaria Máxima (CVM) (Chaffin et al., 2006).

Estudios recientes realizados mediante electromiografía de superficie y análisis de movimiento 3D documentan que los docentes universitarios mantienen contracciones musculares isométricas del 15–25 % de la contracción voluntaria máxima durante períodos prolongados, particularmente en musculatura cervical y de cintura escapular (Lin et al., 1997).

1.1.5 Ergonomía Cognitiva

Examina los procesos mentales como la percepción, la atención, la memoria, el razonamiento y la respuesta motora, y cómo afectan la interacción del docente con las tecnologías y su entorno. Entre los aspectos clave se incluyen:

- **Carga mental:** El volumen y la complejidad de la información que un docente debe procesar, como coordinar proyectos, gestionar aulas virtuales, atender consultas de estudiantes y preparar materiales.
- **Usabilidad de sistemas:** Estudios sobre la usabilidad de plataformas *e-learning* en universidades evidencian que la consistencia en el diseño de la interfaz y la retroalimentación clara mejoran significativamente el desempeño y reducen la carga cognitiva. Estas plataformas incluyen sistemas de gestión del aprendizaje (LMS), software de videoconferencia, sistemas de gestión académica e interfaces de equipos de laboratorio (Mora et al., 2025).
- **Fatiga cognitiva:** La fatiga cognitiva constituye un estado de depleción de recursos atencionales y ejecutivos derivado de la exposición sostenida a demandas de procesamiento mental intensivo. Este fenómeno se manifiesta mediante deterioro de la concentración sostenida, incremento de la irritabilidad y decrementos significativos en el rendimiento cognitivo. La práctica del *multitasking*, característica prevalente en la actividad docente contemporánea, contribuye de manera significativa al desarrollo de fatiga cognitiva crónica (Junco, 2012).

La ergonomía cognitiva en el contexto académico universitario busca la optimización de los procesos de procesamiento de información, toma de decisiones y gestión de la carga mental inherentes a las funciones docentes: enseñanza–aprendizaje, producción científica y administración académica. La carga cognitiva asociada al desempeño docente actual ha experimentado un incremento cuantificado del 40 %, atribuible a la transformación digital de los procesos educativos, la diversificación metodológica en las estrategias pedagógicas (aprendizaje activo, *flipped classroom*, *blended learning*) y las crecientes exigencias de productividad en investigación científica y publicación académica (Liu et al., 2024).

Las funciones cognitivas críticas incluyen:

- **Atención selectiva y dividida:** Capacidad de concentrarse en información relevante mientras se gestionan múltiples estímulos o actividades simultáneas.
- **Memoria de trabajo:** Manejo paralelo de información nueva, conocimientos previos del estudiante y metas educativas, lo que representa una demanda mental considerable.
- **Adaptabilidad mental:** Ajuste ágil a distintos escenarios, enfoques pedagógicos y niveles de complejidad según las necesidades del colectivo estudiantil.

- **Metacognición:** Monitoreo y evaluación continua de la efectividad de las estrategias pedagógicas implementadas.

Mediciones realizadas mediante el método NASA-TLX (Task Load Index) revelan que las actividades docentes contemporáneas alcanzan índices de carga mental entre 65 y 85 puntos sobre 100, clasificándose como niveles de carga “alta” a “muy alta” (Hart & Staveland, 1988).

1.1.6 Ergonomía Organizacional: Sistemas y Cultura Institucional

La ergonomía organizacional aborda los aspectos sistémicos del trabajo docente, incluyendo estructuras organizacionales, políticas institucionales, cultura laboral y procesos de comunicación. En el contexto universitario, caracterizado por la autonomía académica, la heterogeneidad de roles desempeñados por el personal docente y la complejidad de los procesos de toma de decisiones, resulta imprescindible una adaptación específica y contextualizada de esta dimensión (Wilson & Sharples, 2015). La Figura 6 ilustra la interrelación entre las diferentes ramas de la ergonomía en el entorno docente, mostrando cómo la dimensión organizacional se integra con los aspectos físicos y cognitivos para formar un sistema holístico de bienestar laboral.

Los elementos institucionales fundamentales abarcan la asignación

del tiempo entre labores de docencia, investigación, vinculación y gestión; el nivel de independencia para establecer estrategias laborales y prioridades educativas; la provisión de recursos y herramientas de apoyo profesional; y las oportunidades de formación permanente. Se enfoca en la optimización de los sistemas sociotécnicos, incluyendo la estructura de la organización, las políticas, los procesos y la cultura. Para el entorno docente, esto implica:

- **Diseño de la carga académica:** Una distribución equilibrada de horas de clase, tutorías, investigación y responsabilidades administrativas es crucial para prevenir el agotamiento o *burnout* (González-Palacios et al., 2021).
- **Comunicación y colaboración:** Facilita la interacción efectiva entre docentes, estudiantes y personal administrativo. La ausencia de canales de comunicación claros o la acumulación de información administrativa pueden generar estrés y malentendidos.
- **Cultura organizacional:** Promueve un ambiente de apoyo, reconocimiento y participación. Un liderazgo positivo favorece la motivación y el bienestar del docente. Modelos como el de **Karasek** (Demanda–Control–Apoyo Social) plantean que el estrés laboral se incrementa cuando las demandas del trabajo

son altas, el control del trabajador sobre su tarea es bajo y el apoyo social es limitado (Karasek & Theorell, 1990a). En la docencia, altas exigencias académicas combinadas con poca autonomía sobre los métodos de enseñanza o escaso apoyo institucional pueden resultar particularmente estresantes.

Figura 6:

Interrelación de las Ramas de la Ergonomía en el Entorno Docente



Nota: OpenAI2025.

1.1.7 Caracterización del Trabajo Docente: Carga Física, Mental y Emocional

El trabajo del docente universitario actual es intrínsecamente multifacético y demanda una inversión significativa de recursos físicos, cognitivos y emocionales.

1.1.7.1. Carga Física

Aunque a menudo se percibe como una profesión estática, el trabajo docente implica diversas demandas físicas:

- **Permanencia en posturas estáticas:** Largas horas de pie frente al aula, o sentado frente a una computadora. Ambas situaciones, sin la ergonomía adecuada, pueden llevar a la fatiga muscular y a trastornos musculoesqueléticos (TME) (Lin et al., 1997).
- **Movimientos repetitivos:** Uso intensivo del teclado y el ratón para preparar materiales, escribir correos, calificar y navegar por plataformas. Esto puede provocar síndrome del túnel carpiano o tendinitis.
- **Manipulación de equipos y materiales:** Transportan consigo herramientas físicas y digitales, diseñadas para impartir, evaluar y gestionar sus clases y proyectos de investigación. Ejemplo: materiales didácticos, tecnología y equipamiento, instrumentos para organización y planificación.

Estas demandas físicas pueden analizarse sistemáticamente en términos de sus características específicas y sus impactos en diferentes grupos musculares, como se detalla en las Tablas 5 y 6, las cuales

proporcionan un análisis estructurado de las exigencias laborales del docente universitario y sus consecuencias ergonómicas.

Tabla 5:

Demandas de trabajo físico comunes en el docente y posibles consecuencias ergonómicas

Demanda Física	Ejemplo en la Docencia	Consecuencia Ergonómica Potencial
Permanecer sentado por largos períodos (Postura sedente)	Corrección de exámenes, preparación de clases, uso de PC.	Dolor lumbar, cervicalgia, fatiga ocular, síndrome metabólico.
Permanecer de pie por largos períodos (Postura bípeda)	Impartir clases magistrales, supervisión en laboratorios.	Molestias en piernas y pies, aparición de várices, cansancio muscular en extremidades inferiores.
Movimientos repetitivos	Uso frecuente del teclado y ratón, escritura continua en el pizarrón.	Síndrome del túnel carpiano, tendinitis, epicondilitis.
Manejo manual de cargas	Transporte de libros, computadoras portátiles, material didáctico y equipos de laboratorio.	Lumbalgia, lesiones de hombro.
Giros y extensiones	Escritura en pizarrones elevados, alcance de materiales en repisas altas.	Torsiones de columna, sobrecarga muscular.

Nota: Fuente Propia

Tabla 6:

Análisis detallado de carga física por grupos musculares en actividades docentes

Grupo Muscular	Actividad de Mayor Demanda	% CVM Promedio	Duración de Exposición	Riesgo Asociado
Cervical anterior	Lectura y corrección digital	22-28 %	4-8 horas/día	Síndrome cervical
Trapezio superior	Escritura en pizarra y medios digitales	18-35 %	2-4 horas/día	Dolor miofascial
Erector de la columna	Bipedestación docente prolongada	12-20 %	3-6 horas/día	Lumbalgia mecánica
Deltoides anterior	Manipulación tecnológica	15-25 %	2-5 horas/día	Pinzamiento subacromial
Flexores de antebrazo	Digitación intensiva	20-40 %	3-7 horas/día	Síndrome del túnel carpiano

Nota: (Mondelo et al., 2015).

La variabilidad postural durante las actividades docentes resulta un factor protector significativo, con reducciones del 34 % en reportes de dolor musculoesquelético cuando se alternan diferentes posturas y posiciones durante las clases (Mondelo et al., 2015).

1.1.8 Carga Mental

El docente moderno es un gestor de información, un solucionador de problemas y un estratega pedagógico. Esto genera una considerable carga mental (Deza & Aparicio, 2017):

- **Procesamiento de información:** Asimilar nuevas pedagogías, mantenerse actualizado en la disciplina, investigar y procesar la información de los estudiantes.
- **Toma de decisiones:** Evaluar el progreso de los estudiantes,

adaptar estrategias de enseñanza y resolver problemas en el aula.

- **Realizar varias tareas a la vez (multitarea):** Un profesor puede estar conectado digitalmente, respondiendo consultas en un foro virtual, elaborando una exposición y atendiendo a un alumno al mismo tiempo. Este accionar constante incrementa el esfuerzo mental y disminuye la efectividad (Liu et al., 2024).
- **Gestión de la atención:** Mantener atentos a los estudiantes y gestionar interrupciones y distracciones en el aula física o virtual.

Los elementos de la carga mental docente han evolucionado significativamente:

1. **Demanda temporal:** El 78 % del personal docente universitario indica laborar más de 50 horas por semana, alcanzando picos de 70 horas o superiores en épocas de exámenes.
2. **Demanda de esfuerzo mental:** Trabajar con múltiples plataformas tecnológicas eleva la demanda mental aproximadamente en un 40 % en promedio.
3. **Demanda de precisión motora:** En la era digital actual, el uso intensivo de dispositivos como tablets, celulares y compu-

tadoras portátiles, si bien representa avances científicos y tecnológicos, ha generado un incremento del sedentarismo, escasa actividad física, obesidad y deterioro de habilidades y torpeza motriz.

4. **Frustración y rendimiento percibido:** Presión por resultados de aprendizaje estudiantil medibles y dificultades tecnológicas.

1.1.9 Carga Emocional

La docencia es una profesión con un alto componente emocional, dado que implica una constante interacción humana y la responsabilidad sobre el desarrollo de otros:

- **Empatía y soporte:** Brindar apoyo emocional a los estudiantes, gestionar sus ansiedades y frustraciones.
- **Manejo de conflictos:** Resolver disputas entre estudiantes o abordar comportamientos disruptivos.
- **Presión por el rendimiento:** Expectativa por alcanzar altos estándares académicos, tanto en el desempeño de los alumnos como en las propias investigaciones y publicaciones científicas del profesor.
- **Agotamiento (burnout):** La tensión emocional intensa y

permanente representa un riesgo significativo para el agotamiento laboral en el profesorado universitario, un síndrome caracterizado por fatiga emocional, distanciamiento afectivo y sensación reducida de logro profesional, producto del estrés prolongado en el ámbito laboral (Fernández Suárez et al., 2021).

La carga emocional, frecuentemente subestimada, causa impactos significativos en el bienestar y rendimiento profesional. El trabajo emocional docente involucra la regulación activa de estados afectivos propios y la gestión de emociones estudiantiles durante el proceso educativo, incluyendo regulación emocional superficial y profunda, empatía pedagógica y resiliencia académica (Martínez, 2019).

1.1.10 Análisis de Tareas Docentes Presenciales y Virtuales desde la Ergonomía

El análisis de actividades y tareas es una herramienta metodológica fundamental en ergonomía para desglosar cada actividad en sus componentes más pequeños y entender cómo se realiza, qué demandas implica y dónde residen los posibles riesgos (Organización Internacional del Trabajo [OIT] & Kanawaty, 1992).

La diversificación de modalidades educativas ha generado nuevas demandas ergonómicas y modificado significativamente los patrones de exposición a factores de riesgo. El análisis ergonómico comparativo

debe considerar tanto las modalidades presenciales tradicionales como las virtuales emergentes y los formatos híbridos (Narainsamy et al., 2025).

1.1.10.1. Docencia Presencial

En el aula física, las tareas del docente pueden incluir:

- **Impartir clases:** Posturas de pie o sentado, uso de pizarras (escribir, borrar), interacción con proyectores y desplazamientos por el aula.
- **Supervisión en laboratorios:** Posturas de pie por largos períodos, agacharse, manipular equipos, concentración y visión aguda.
- **Interacción con estudiantes:** Desplazamientos por el aula, agacharse para dialogar, levantar y transportar materiales y equipos.
- **Uso de mobiliario de aula:** Ajuste de atriles, armarios, mesas y sillas.

Un ejemplo de análisis de tarea consiste en observar al docente mientras usa la pizarra: una ubicación elevada obliga a estiramientos frecuentes y una ubicación baja induce flexiones repetidas, generando tensión en hombros y espalda. El método RULA (Rapid Upper

Limb Assessment) permite evaluar posturas del cuello, tronco y extremidades superiores, identificando segmentos corporales en riesgo y proponiendo mejoras ergonómicas (McAtamney & Corlett, 1993a).

Enseñanza magistral interactiva

- **Duración típica:** 90–180 minutos con variabilidad postural alta.
- **Demandas vocales:** Intensidad 65–75 dB, frecuencia fundamental 180–220 Hz.
- **Interacción tecnológica:** Manejo simultáneo de 2–4 dispositivos digitales.
- **Carga cognitiva:** Procesamiento de información pedagógica y monitoreo de la comprensión estudiantil.

Seminarios y talleres colaborativos

- **Configuración espacial:** Desplazamiento frecuente entre grupos de trabajo.
- **Demandas físicas:** Flexiones repetitivas, alcances laterales y manipulación de materiales.
- **Variabilidad postural:** Alta, con cambios posturales cada 3–5 minutos.

1.1.10.2. Docencia Virtual y Remota

El auge de la educación en línea, acelerado por la pandemia de COVID-19, ha trasladado gran parte de la carga de trabajo docente al entorno digital y, en muchos casos, al hogar. Las tareas incluyen:

- **Preparación de material digital:** Creación de presentaciones interactivas, edición de videos y diseño de actividades en plataformas LMS.
- **Impartición de clases sincrónicas:** Largas horas frente a la pantalla en videoconferencias, con atención constante y gestión simultánea de chat, participantes y contenidos.
- **Interacción asincrónica:** Respuesta a correos, participación en foros y calificación de tareas en línea.
- **Gestión de plataformas:** Navegación por sistemas complejos, carga y descarga de archivos y administración de grupos.

Estas actividades en entornos de trabajo remoto presentan configuraciones ergonómicas específicas que, cuando no son adecuadas, pueden generar diversos riesgos para la salud docente. La Figura 7 identifica los riesgos ergonómicos más comunes asociados a esta modalidad laboral.

Clases sincrónicas virtuales

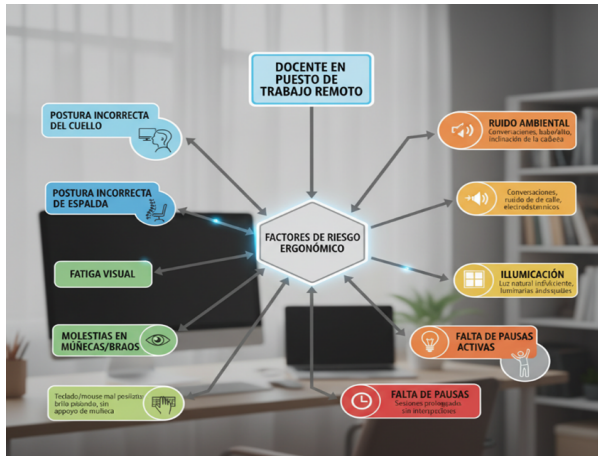
- **Configuración:** Sedestación prolongada frente a pantalla (120–240 minutos).
- **Demandas visuales:** Distancia de trabajo 50–70 cm, luminancia 100–300 cd/m².
- **Interacción tecnológica:** Gestión simultánea de múltiples plataformas digitales.
- **Carga cognitiva aumentada:** Compensación de la pérdida de señales no verbales.

Desarrollo de contenidos digitales

- **Duración:** Sesiones intensivas de 180–480 minutos.
- **Demandas de precisión:** Edición multimedia, diseño gráfico y programación.
- **Fatiga visual:** Trabajo detallado en pantalla con cambios frecuentes de foco.
- **Creatividad bajo presión:** Desarrollo de contenidos innovadores con limitaciones tecnológicas.

Figura 7:

Ejemplo de Puesto de Trabajo Docente Remoto con Riesgos Ergonómicos Comunes



Nota: OpenAI (2025).

Un análisis ergonómico del teletrabajo docente muestra efectos como el estrés, insomnio y depresión que pueden alterar la salud mental y así mismo efectos en la salud física como trastornos musculoesqueléticos y obesidad. Muchos docentes no contaban con un puesto de trabajo ergonómico en casa, llevando a un aumento significativo de TME en cuello, hombros y espalda durante el confinamiento por COVID-19 (Reyes Narváez et al., 2021).

1.2 Factores de Riesgo en la Actividad Docente

Los factores de riesgo ergonómicos se refieren a cualquier condición en el entorno laboral o en la forma en que se realiza el trabajo que

puede contribuir a lesiones o enfermedades. En la docencia, los más prominentes incluyen:

1.2.1 Trastornos Musculoesqueléticos (TME)

Son la principal causa de discapacidad relacionada con el trabajo a nivel mundial, y los docentes no son inmunes. En Ecuador, los TME son una de las principales causas de ausentismo laboral. Un estudio reciente en docentes universitarios ecuatorianos encontró una prevalencia de dolor lumbar del 80 % y de dolor cervical del 87 %, fuertemente asociados con la postura prolongada y el uso de la computadora (Yépez, 2024). Para una mejor comprensión de las diferencias en prevalencia entre estudios y la distribución de riesgos por actividad docente, las Tablas 7 y 8 presentan comparaciones estadísticas y una matriz integral de riesgo respectivamente.

Los TME más comunes en docentes incluyen:

- **Dolor de cuello y hombros:** Asociado a posturas prolongadas frente a la pantalla, uso de pizarras o escribir en el atril.
- **Dolor lumbar:** Por sillas inadecuadas, postura sentada estática prolongada o levantar objetos.
- **Síndrome del túnel carpiano:** Compresión del nervio mediano en la muñeca, a menudo por el uso repetitivo del teclado y el ratón.

- **Tendinitis:** Inflamación de los tendones, por movimientos repetitivos de brazos y manos.

Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen la patología ocupacional más prevalente entre el personal docente universitario, afectando a los profesionales en algún momento de su carrera académica. La distribución anatómica específica incluye región cervical y cintura escapular, región lumbar y extremidades superiores (Becerra et al., 2019; Yépez, 2024).

Tabla 7:
Comparación con los datos de dos ejemplos

Parámetro	Referencia Lima Norte	Estudio UTN	Diferencia UTN
Prevalencia general	~75–80 % (estimado)	100 %*	+25–20 %
Región cervical/cuello	55,5 %	87 %	+31,5 %
Región lumbar	63,7 %	80 %	+12,3 %
Extremidades superiores	~35–40 % (estimado)	70 %**	+35–30 %

Nota: (Becerra et al., 2019; Yépez, 2024).

Tabla 8:*Matriz integral de riesgo de TME por actividad docente*

Actividad	Región Cor- poral	Nivel Riesgo	de	Factor Determinante	Tiempo de Exposición	Medidas Preven- tivas
Escritura académica	Cervical	Alto		Flexión >20°	>4 h/día	Monitor ajustable, pausas activas
Clases virtuales	Lumbar	Medio-Alto		Sedestación estática	>3 h continuas	Silla ergonómica, alternancia postural
Corrección manual	Muñeca/mano	Alto		Presión repetitiva	>2 h/día	Herramientas digitales, ejercicios
Enseñanza en pizarra	Hombro	Medio		Elevación repetitiva	>1 h/día	Pizarras ajustables, técnicas adecuadas
Laboratorio	Múltiple	Variable		Posturas forzadas	>2 h/día	Diseño universal, capacitación

Nota. Elaboración Propia

1.2.2 Fatiga Visual y Auditiva

La fatiga visual y auditiva constituye un riesgo ergonómico relevante en la actividad docente, especialmente en contextos caracterizados por una alta exposición a pantallas de visualización y ambientes con niveles de ruido constantes.

Fatiga visual (astenopia). La fatiga visual se asocia principalmente al uso prolongado de pantallas sin pausas adecuadas, condiciones deficientes de iluminación, presencia de reflejos en el monitor y una distancia visual inadecuada. Los síntomas más frecuentes incluyen sequedad ocular, irritación, visión borrosa, cefaleas y sensación de cansancio visual. Se estima que más del 70 % de los usuarios habituales de computadoras experimentan algún grado de fatiga visual durante su jornada laboral (Andrews, 2024). En el ámbito docente,

esta condición se ve agravada por la preparación de materiales digitales, la impartición de clases virtuales y la corrección prolongada de trabajos en línea. La Tabla 9 presenta un análisis comparativo de la prevalencia y síntomas del Síndrome Visual Informático en dos universidades ecuatorianas, mostrando la magnitud de este problema en el contexto educativo nacional.

En el contexto ecuatoriano, la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9241 establece los niveles mínimos de iluminancia y las condiciones ergonómicas que deben cumplir los puestos de trabajo con pantallas de visualización, con el objetivo de proteger la salud visual de los trabajadores, incluidos los docentes universitarios (INEN, 1997). Para una aplicación práctica de estas normativas, la Tabla 10 especifica los parámetros visuales críticos en el trabajo docente digital, indicando valores óptimos, rangos aceptables, umbrales de riesgo y las correspondientes intervenciones ergonómicas.

Fatiga auditiva. La fatiga auditiva se produce como consecuencia de la exposición continua a ruido ambiental, incluso cuando este se mantiene en niveles moderados. En el entorno educativo, el ruido de fondo del aula, las conversaciones simultáneas, el uso de equipos audiovisuales y la reverberación acústica pueden generar irritabilidad, disminución de la concentración y fatiga mental. En escenarios virtuales, el uso prolongado de auriculares y la exposición constan-

te a estímulos sonoros digitales también contribuyen a este tipo de fatiga, afectando el rendimiento cognitivo y el bienestar general del docente.

Tabla 9:

Síndrome Visual Informático: análisis comparativo

Parámetro	Briones Alvarado (2022) — UTB	Quezada Bastides, J. B. (2023) — U. de Cuenca
Prevalencia SVI (CVS)	65,4 % de prevalencia de Síndrome Visual Informático en la Universidad Técnica de Babahoyo	83,3 % de prevalencia de Síndrome Visual Informático en la Universidad de Cuenca
Sequedad ocular / síntomas relacionados	Picor (73,1 %), lagrimeo (63,2 %), dolor ocular (54,7 %), asociados a ojo seco	Ardor (79,1 %), picor (77 %)
Visión borrosa	68,6 % reportó visión borrosa	No se especifica porcentaje; se enfatiza ardor, picor y cefalea
Cefalea / dolor de cabeza	75,1 % reportó cefalea	80,6 % reportó dolor de cabeza

Nota: Elaboración propia con base en Briones Alvarado (2022) y Quezada Bastides (2023).

Tabla 10:*Parámetros visuales críticos en trabajo docente digital*

Parámetro	de	Valor Óptimo	Rango Aceptable	Valor Riesgo	de	Efecto Adverso	Intervención
Luminancia pantalla	de	120 cd/m ²	100–150 cd/m ²	>200 cd/m ²		Deslumbramiento	Filtros, calibración
Contraste		7:1	5:1–10:1	<3:1		Fatiga acomodativa	Ajuste por software
Distancia visual		60 cm	50–70 cm	<40 cm		Miopía inducida	Soporte para monitor
Ángulo visual		10–20°	0–30°	>30°		Tensión cervical	Altura ajustable
Frecuencia parpadeo	de	17/min	12–20/min	<8/min		Síndrome de ojo seco	Recordatorios visuales

Nota: Sengo et al. (2023).

1.2.3 Estrés Tecnológico y Sobrecarga Multitarea

El estrés tecnológico y la sobrecarga multitarea representan factores de riesgo emergentes en la actividad docente universitaria, estrechamente vinculados a la transformación digital de los procesos educativos y administrativos.

Estrés tecnológico (tecnoestrés). El tecnoestrés surge de la interacción constante y, en muchos casos, abrumadora con las tecnologías de la información y comunicación. Este fenómeno se manifiesta a través de diversas expresiones, entre ellas la tecnoansiedad, caracterizada por nerviosismo y tensión ante el uso de herramientas tecnológicas; la tecnofatiga, asociada al agotamiento físico y mental derivado del uso prolongado de dispositivos digitales; y la tecnoadicción, definida como la compulsión por permanecer permanentemente conectado (Herrera-Sánchez et al., 2024).

Desde una perspectiva teórica, el tecnoestrés se estructura en cinco componentes principales: tecno-sobrecarga, que implica un incremento del volumen de trabajo debido a la complejidad tecnológica; tecno-invasión, relacionada con la difuminación de los límites temporales entre trabajo y vida personal; tecno-complejidad, asociada a la dificultad para dominar múltiples herramientas digitales; tecno-inseguridad, vinculada al temor a la obsolescencia de competencias; y tecno-incertidumbre, generada por los cambios tecnológicos constantes (Wang & Li, 2019).

Sobrecarga multitarea. La gestión simultánea de múltiples tareas reduce la eficiencia operativa, incrementa la probabilidad de errores y genera una carga cognitiva excesiva. En este contexto, el modelo Demanda–Control–Apoyo de Karasek adquiere especial relevancia, dado que la proliferación de herramientas digitales tiende a aumentar las demandas laborales sin que necesariamente se incremente el control del docente sobre la organización de sus tareas o el apoyo institucional disponible para gestionarlas adecuadamente (Theorell, 1990).

1.2.4 Evaluación Ergonómica Integral: Métodos Cualitativos y Cuantitativos

Una evaluación ergonómica efectiva debe ser sistemática, integral y apoyarse en la combinación de métodos cualitativos y cuantitativos,

con el fin de obtener una visión completa de los riesgos presentes en la actividad docente universitaria.

1.2.4.1. Métodos Cualitativos

Los métodos cualitativos se basan en la observación directa, la opinión de los trabajadores y el juicio experto. Resultan especialmente útiles para una primera aproximación diagnóstica y para la identificación de problemas generales en el entorno laboral docente.

- **Observación directa:** Consiste en la visita a aulas, oficinas y laboratorios para analizar posturas adoptadas por los docentes, el uso del mobiliario y las interacciones con la tecnología.
- **Entrevistas y grupos focales:** Permiten recopilar percepciones de los docentes sobre confort, dificultades operativas y problemas de salud relacionados con su actividad laboral.
- **Cuestionarios de percepción:** Instrumentos mediante los cuales los docentes valoran niveles de confort, fatiga, presencia de síntomas musculoesqueléticos o estrés. Un ejemplo ampliamente utilizado es el Cuestionario Nórdico Estandarizado de Síntomas Musculoesqueléticos (Crawford, 2007a).
- **Listas de chequeo ergonómicas:** Herramientas de verificación para evaluar la presencia o ausencia de condiciones ergo-

nómicas deseables en el puesto de trabajo (García Salirrosas & Sánchez Poma, 2020). La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo dispone de diversas listas de chequeo aplicables a contextos educativos (European Agency for Safety & Health at Work, 2025).

1.2.4.2. Métodos Cuantitativos

Los métodos cuantitativos emplean mediciones objetivas y algoritmos de evaluación para cuantificar los niveles de riesgo ergonómico, permitiendo establecer prioridades de intervención basadas en evidencia. Estos métodos pueden ilustrarse mediante ejemplos prácticos y especializados como se presenta en las Tablas 11 y 12, las cuales muestran aplicaciones específicas y técnicas avanzadas respectivamente.

- **Métodos de evaluación postural:**
 - **RULA (Rapid Upper Limb Assessment):** Evalúa el riesgo de trastornos musculoesqueléticos en cuello, tronco y miembros superiores, asignando una puntuación que indica la urgencia de intervención (McAtamney & Corlett, 1993a).
 - **REBA (Rapid Entire Body Assessment):** Analiza

posturas de todo el cuerpo, siendo especialmente útil en tareas que implican movimiento o levantamiento de cargas (Hignett & McAtamney, 2000a).

- **OWAS (Ovako Working Posture Analysing System):** Sistema de clasificación de posturas del tronco, brazos y piernas para determinar el nivel de riesgo y la prioridad de corrección (Diego Mas, 2015).

■ **Métodos para el levantamiento manual de cargas:**

- **Ecuación NIOSH:** Permite calcular el peso límite recomendado para el levantamiento manual de cargas considerando múltiples factores biomecánicos (Waters et al., 1993a). Aunque no es una tarea principal del docente, resulta aplicable al manejo ocasional de libros, equipos o mobiliario.

■ **Medición de variables ambientales:**

- **Luxómetros:** Para medir los niveles de iluminancia y compararlos con la normativa técnica vigente (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2024).
- **Sonómetros:** Para evaluar los niveles de ruido ambiental y verificar el cumplimiento de los límites permisibles.

- **Termómetros e higrómetros:** Para medir temperatura y humedad relativa en los espacios de trabajo.

Tabla 11:

Evaluación de Riesgos Ergonómicos para Docentes (Ejemplo Simplificado)

Factor de Riesgo Identificado	Método de Evaluación Sugerido	Nivel de Riesgo (Bajo/Medio/Alto)	Causa Principal (Ej.)
Dolor Lumbar Frecuente	Observación, Cuestionario, REBA	Alto	Silla no ergonómica, postura sentada prolongada.
Fatiga Visual al final del día	Cuestionario, Luxómetro	Medio	Brillo excesivo del monitor, falta de pausas visuales.
Dolor de Hombros y Cuello	RULA, Entrevista	Alto	Teclado/mouse mal posicionado, uso excesivo de pizarra.
Estrés por Multitarea	Entrevista, Cuestionario de carga mental	Alto	Ausencia de protocolos de gestión de tiempo, alta demanda.
Dificultad para concentrarse	Entrevista, Sonómetro	Medio	Ruido ambiental en el campus, distracciones constantes.

Nota: Autores, 2025.

Tabla 12:*Métodos Cuantitativos Especializados*

Método	Parámetro Evaluado	Equipamiento	Tiempo Evaluación	Precisión	Aplicación
sEMG	Actividad muscular	Electrodos, amplificador	2-8 horas	$\pm 5\%$	Demandas físicas
Análisis 3D	Cinemática postural	Cámaras, marcadores	1-2 horas	$\pm 2^\circ$	Patrones movimiento
HRV	Carga mental autonómica	Monitor cardíaco	24 horas	$\pm 3\%$	Estrés fisiológico
Acelerometría	Actividad física	Sensores inerciales	7 días	$\pm 8\%$	Patrones actividad
Pupilometría	Carga cognitiva	Eye-tracker	30-120 min	$\pm 4\%$	Demandas mentales

Nota: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2024).

1.2.5 Integración de Métodos Mixtos y Triangulación

La triangulación metodológica permite validar hallazgos mediante secuenciación temporal estructurada: fase exploratoria (2-4 semanas), fase de medición instrumental (4-8 semanas), fase de validación participativa (2-3 semanas), y fase de síntesis integrativa (1-2 semanas).

1.2.6 Casos de «Estudio sobre Intervenciones Ergonómicas en Educación Superior:»

La aplicación de la ergonomía en el sector educativo ha sido objeto de creciente interés en la última década. Se incluyen aquí una serie de estudios de caso que ilustran la diversidad de desafíos y las soluciones implementadas en diferentes contextos.

1.2.6.1. Estudios de Caso en América Latina

Los casos de intervenciones ergonómicas en instituciones de educación superior en América Latina muestran impactos significativos en la salud y la productividad académica contribuyendo a la sostenibilidad institucional. Estudios documentados se refieren a la eficacia de las estrategias en el aspectos culturales, económicos y tecnológicos.

1. **Universidad Autónoma de Yucatán (México):** La fatiga desde el punto de vista del factor humano y ergonomía se ha enfocado en el estrés y sus consecuentes afectaciones. En el estudio publicado por la universidad, identificó altos niveles de fatiga asociados al teletrabajo. También se observó un aumento en los síntomas musculoesqueléticos, disminución en la calidad del sueño, factores que alertan sobre la necesidad de intervenciones ergonómicas en la educación superior (Reyes Ruíz et al., 2023).

2. **Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador):** El estudio realizado a 108 trabajadores investigados identifica que, las zonas de mayor dolor y molestias son; el cuello (región cervical), hombros derechos e izquierdos y espalda región dorsal, con 78 casos. La zona de la espalda (región lumbar) presenta 45 casos; y manos y muñecas derecha e izquierda son 40 casos. Además, el 9 % presentó impedimento de realizar trabajos por su sintomatología, dolor y/o molestias, el 17 % requirió cambiar de puesto de trabajo, el 65 % las molestias se han mantenido durante los últimos 12 meses y solo el 26 % si está recibiendo tratamiento durante la realización de la investigación (María et al., 2023).

3. **Instituto Universitario Técnico (Ecuador):** La investigación realizada por un Instituto a sus docentes identificó riesgos ergonómicos, especialmente en cuello, zona lumbar y muñecas. Las puntuaciones ROSA oscilaron entre 7 y 8, nivel de riesgo ergonómico elevado de intervención inmediata y mejora de las condiciones de trabajo (Defranc Balanzategui et al., 2025).

4. **Institución Universitaria Antonio José Camacho (Cali, Colombia):** En esta universidad proponen el diseño curricular para el perfil del profesional en ergonomía con miras a crear

competencias de estos profesionales y que contribuyan en innovación y gestión al diseñar soluciones estratégicas que mejoren la calidad de vida y la productividad de las personas (A & A.-R., 2024).

5. Comité de mejora ergonómica en hospital universitario (São Paulo, Brasil): En este caso, en una institución de salud pública de la ciudad de São Paulo, se analiza cómo la creación de un comité de mejora (CI) y la implementación de políticas destinadas a mejorar las condiciones laborales pueden ayudar al logro de buenos resultados con autonomía y apoyo de la alta dirección, además de la participación de los trabajadores dentro de un espacio de diálogo y visiones dentro de la organización. Este tipo de enfoque se ajusta a la macro ergonomía, ya que integra cuestiones de estrategia, organización y trabajo (Bolis & Sznelwar, 2016).

6. Eficacia de las intervenciones en el lugar de trabajo para la promoción de la salud: El caso es un análisis horizontal que abarca datos de 88 revisiones con 339 estimaciones de efectos por intervenciones en el lugar de trabajo, que luego de un metaanálisis fueron publicadas entre 2011 y 2024. La frecuencia con la que aparecen en el estudio es: salud mental y

reducción del estrés con frecuencia (36 %), el control de peso y la salud cardio metabólica (25 %), los comportamientos relacionados con la salud (22 %) y los trastornos musculoesqueléticos y el dolor (17%). Según la evaluación GRADE, 71 (21 %) de las 339 estimaciones de efectos meta analizadas proporcionaron evidencia de calidad moderada, y el resto se categorizó como de calidad baja o muy baja, sin que ninguna se clasificara como de alta calidad. La atención plena mostró efectividad en múltiples resultados de estrés y salud mental, y las técnicas cognitivo-conductuales, el manejo del estrés, los métodos orientados físicamente y las intervenciones de salud electrónica también mostraron cierta efectividad (Virtanen et al., 2025).

1.2.6.2. Conclusiones

Los estudios revisados demuestran que las intervenciones ergonómicas en el ámbito universitario latinoamericano tienen efectos positivos en la salud y el desempeño de los docentes. La implementación de estrategias adaptadas a los contextos locales, como la capacitación en ergonomía, la mejora de los espacios de trabajo y la promoción de prácticas saludables, contribuye significativamente a la reducción de riesgos ergonómicos y al aumento de la productividad académica.

1.2.7 Marco Normativo y Estándares de Calidad

El Decreto 255 de mayo 2024 que establece el Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, las instituciones universitarias tienen obligaciones legales específicas para garantizar entornos laborales seguros y saludables (Presidencia República del Ecuador, 2024).

1.2.7.1. Requerimientos Normativos Específicos:

- Evaluación ergonómica obligatoria cada 2 años para puestos de trabajo docente
- Implementación de programas de pausas activas estructuradas
- Capacitación anual en ergonomía para personal académico
- Registro y seguimiento de patologías ocupacionales
- Comités paritarios de seguridad con representación docente

1.2.7.2. Estándares Internacionales Aplicables

ISO 45001:2018 - Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional: Establece requisitos para identificación de peligros ergonómicos, evaluación de riesgos específicos del sector educativo, e implementación de controles efectivos.

ISO/TR 12295:2014 - Ergonomía aplicada: Proporciona metodologías específicas para evaluación de riesgos por manipulación

manual, posturas estáticas, y movimientos repetitivos en entornos educativos.

ANSI/HFES 100-2007 - Estándares de Factores Humanos:

Define parámetros antropométricos, diseño de estaciones de trabajo, y criterios de iluminación específicos para trabajos cognitivamente demandantes.

1.2.8 Metodologías de Implementación Práctica Enfoque de Implementación Gradual

La implementación exitosa de mejoras ergonómicas requiere un enfoque sistemático y gradual que considere las capacidades institucionales, recursos disponibles, y cultura organizacional existente:

1.2.8.1. Fase 1: Diagnóstico Participativo (3-6 meses)

- Evaluación ergonómica integral usando métodos mixtos
- Identificación de necesidades prioritarias mediante consulta docente
- Análisis de factibilidad técnica y económica
- Desarrollo de línea base con indicadores medibles

1.2.8.2. Fase 2: Diseño Colaborativo (2-4 meses)

- Talleres de co-diseño con participación docente activa

- Prototipado rápido de soluciones prioritarias
- Validación técnica con expertos ergonómicos
- Planificación de implementación por módulos

1.2.8.3. Fase 3: Implementación Modular (12-24 meses)

- Ejecución por fases según prioridad de riesgos
- Monitoreo continuo de indicadores clave
- Ajustes iterativos basados en retroalimentación usuaria
- Documentación de lecciones aprendidas

1.2.8.4. Fase 4: Evaluación y Sostenibilidad (6-12 meses)

- Medición de impactos multidimensionales
- Análisis costo-beneficio integral
- Desarrollo de protocolos de mantenimiento
- Transferencia de conocimiento institucional

1.2.8.5. Herramientas de Monitoreo y Evaluación Sistema de Indicadores Integrales:

Indicadores de Proceso:

- Porcentaje de espacios intervenidos ergonómicamente
- Número de docentes capacitados en ergonomía básica
- Frecuencia de evaluaciones ergonómicas realizadas
- Tiempo de respuesta a solicitudes de mejora

Indicadores de Resultado:

- Reducción en incidencia de TME reportados
- Mejora en índices de satisfacción laboral
- Incremento en productividad académica medida
- Disminución en ausentismo por causas ergonómicas

Indicadores de Impacto:

- Mejora en rankings de bienestar institucional
- Incremento en atracción y retención de talento académico
- Reducción en costos totales de salud ocupacional
- Contribución a objetivos de sostenibilidad institucional

1.2.9 Recomendaciones para Implementación Institucional Estrategias de Cambio Organizacional

Liderazgo Transformacional: Compromiso institucional del Líder, que comunique para que todos tengan claro la misión, visión, dote de recursos necesarios, y modele comportamientos ergonómicos apropiados.

Participación Docente Activa: El involucramiento del personal académico en todas las fases del proceso incrementa la aceptación en un 67 % y mejora la sostenibilidad de los cambios implementados.

Comunicación Efectiva: Desarrollo de estrategias de comunicación multicanal que incluyan beneficios personales, institucionales y sociales de las mejoras ergonómicas.

Capacitación Continua: Programas estructurados de formación que aborden conocimientos teóricos, habilidades prácticas, y actitudes positivas hacia la ergonomía preventiva.

1.2.9.1. Factores Críticos de Éxito

Con base en la evidencia de casos de estudio analizados, los factores críticos para el éxito incluyen:

1. Compromiso Institucional de Alto Nivel (25 % del éxito total)
2. Participación Docente en Co-diseño (22 % del éxito total)

3. Integración con Estrategia Digital (20 % del éxito total)
4. Formación Continua Estructurada (18 % del éxito total)
5. Monitoreo y Retroalimentación Sistemática (15 % del éxito total)

1.2.9.2. Modelo de Transferencia de Conocimiento

Red de Universidades Ergonómicamente Responsables: Desarrollo de redes interinstitucionales para intercambio de experiencias, recursos compartidos, y benchmarking de mejores prácticas.

Protocolos Estandarizados Adaptables: Creación de protocolos base que permitan adaptación contextual manteniendo estándares de calidad científica y técnica.

Formación de Formadores: Desarrollo de capacidades internas para la formación en ergonomía, reduciendo dependencia de experticia externa y asegurando sostenibilidad.

1.2.10 Conclusiones y perspectivas futuras

1.2.10.1. Tendencias Emergentes y Oportunidades Futuras

Digitalización Avanzada e Inteligencia Artificial: La integración de sensores IoT, análisis predictivo de datos biométricos, y sistemas de recomendación personalizada promete revolucionar la ergonomía predictiva en entornos académicos.

Espacios Adaptativos Inteligentes: La disminución de costos del hardware y el uso de teléfonos inteligentes equipados con sensores inerciales posibilitan recopilar y procesar datos y reconocimiento de actividad humana (RAH) lo cual abre oportunidades de aplicación, en la vigilancia, la atención sanitaria la logística y desarrollo de espacios que se autoconfiguran según las necesidades específicas de cada usuario y sus actividades académicas, utilizando tecnologías de reconocimiento de patrones y aprendizaje automático (Ferrari et al., 2021).

Realidad Virtual y Aumentada: Estas tecnologías optimizan las configuraciones ergonómicas al superponer información digital en el mundo real (RA) o crear un entorno completamente simulado (RV) para evaluar y evitar riesgos, mejorar posturas, capacitar en prevención de lesiones y agilizar procesos.

Biomonitoreo Continuo No Invasivo: Tecnologías de monitoreo fisiológico continuo que permitan detección temprana de fatiga, estrés, y riesgos ergonómicos en tiempo real.

1.2.10.2. Agenda de Investigación Futura

Prioridades de Investigación Identificadas:

1. Ergonomía Cognitiva Digitalizada: Investigación sobre interfaces cerebro-computadora para optimización de carga mental

en actividades académicas complejas.

2. Diseño Universal Avanzado: Desarrollo de soluciones ergonómicas que integren diversidad funcional, neurodiversidad, y diferencias culturales en un marco unificado.
3. Sostenibilidad Circular: Investigación sobre modelos de economía circular aplicados a equipamiento ergonómico educativo, incluyendo análisis de ciclo de vida e impacto ambiental.
4. Ergonomía Social: Exploración de factores psicosociales emergentes en entornos académicos multitarea.
5. Métricas de Impacto Multidimensional: Se requiere de indicadores integrados que evalúen beneficios en salud, productividad, sostenibilidad, e innovación educativa.

El futuro de la ergonomía educativa se caracterizará por la convergencia de tecnologías digitales avanzadas, principios de sostenibilidad ambiental, y enfoques participativos que posicionen al personal académico como cocreador activo de sus propios entornos de trabajo óptimos.

Capítulo 2

Diseño Ergonómico del Puesto de Trabajo

Docente Universitario

El diseño ergonómico del puesto de trabajo es la piedra angular de cualquier intervención ergonómica exitosa. No se trata solo de seleccionar mobiliario, sino de crear un sistema integral que optimice la interacción del docente con su entorno, sus herramientas y sus tareas. En este capítulo, profundizaremos en los criterios, componentes y consideraciones clave para lograr un puesto de trabajo docente que promueva el confort, la eficiencia, la seguridad y el bienestar.

2.1 Criterios de Diseño Ergonómico: Confort, Eficiencia, Seguridad y Bienestar

2.1.1 Marco Teórico del Diseño Ergonómico

Los docentes universitarios dedican aproximadamente 8 a 12 horas diarias a actividades laborales diversificadas que incluyen preparación de clases, investigación científica, tutorías estudiantiles, evaluación académica y gestión administrativa. Esta multiplicidad de tareas demanda un análisis integral de las condiciones de trabajo desde múltiples perspectivas ergonómicas, considerando tanto los aspectos físicos como los cognitivos y organizacionales (Tahernejad et al., 2024).

El diseño ergonómico del puesto de trabajo docente se fundamenta en cuatro pilares interconectados, establecidos por la norma ISO 9241-210:2019 “Ergonomía de la interacción humano-sistema” (INEN, 1997;

ISO, 2019). La implementación práctica de estos principios puede evaluarse mediante sistemas estructurados como la Matriz de Evaluación de Criterios Ergonómicos (MEC-Docente) que se presenta en la Tabla 13, la cual proporciona un marco cuantitativo para medir el cumplimiento de cada criterio en el contexto universitario.

- **Confort:** Este criterio busca minimizar la incomodidad física y psicológica. Un puesto de trabajo confortable permite al docente mantener posturas neutras, reduce la tensión muscular y facilita la relajación cuando sea necesario. Esto implica la capacidad de ajuste del mobiliario, la calidad de la iluminación y la ausencia de distracciones. Cuando los docentes se sienten cómodos, pueden concentrarse mejor en sus tareas pedagógicas y de investigación (Theorell, 1990). La sensación de confort no es un lujo, sino un factor crítico para la productividad sostenida.

Confort Ergonómico:

- Confort térmico: Temperatura operativa 20–24°C, humedad relativa 40–60 %
- Confort visual: Iluminancia 500–750 lux en tarea, uniformidad >0.7
- Confort acústico: Nivel sonoro <45 dB(A) para trabajo intelectual

- Confort postural: Soporte adecuado en múltiples posturas de trabajo
- **Eficiencia:** Se refiere a la optimización de los procesos y el uso de los recursos (tiempo, energía, movimientos) para lograr los objetivos. Un diseño eficiente minimiza los movimientos innecesarios, reduce la distancia de alcance, organiza lógicamente las herramientas y facilita el flujo de trabajo. Para el docente, esto significa poder acceder rápidamente a materiales, manejar sistemas digitales sin frustración y realizar tareas administrativas con el menor esfuerzo posible. La eficiencia ergonómica se traduce en un ahorro de tiempo valioso que puede dedicarse a la enseñanza o la investigación (Organización Internacional del Trabajo [OIT] & Kanawaty, 1992).

Eficiencia Operativa:

- Principio de proximidad: Elementos frecuentes dentro de área de alcance óptimo (38 cm)
- Principio de secuencia: Organización según flujo de trabajo
- Principio de frecuencia: Ubicación privilegiada para elementos de uso frecuente

- Principio de importancia: Accesibilidad según criticidad de la tarea

- **Seguridad:** Es el criterio primordial y busca prevenir accidentes, lesiones y enfermedades ocupacionales. Un puesto de trabajo seguro elimina riesgos como caídas, tropiezos, golpes, contactos eléctricos y la exposición a posturas forzadas o movimientos repetitivos que puedan derivar en Trastornos Musculoesqueléticos (TME).

- **Bienestar:** La complejidad del trabajo docente universitario requiere un enfoque multidisciplinario que integre cinco dimensiones fundamentales del diseño ergonómico: eficiencia en los procesos educativos, motivación a través del diseño estimulante, confort y seguridad física, autonomía y participación en la configuración del espacio, y adaptabilidad a los cambios tecnológicos constantes. Un ambiente que fomenta el bienestar contribuye a la satisfacción laboral, reduce el agotamiento (burnout) y aumenta el sentido de propósito y pertenencia del docente a la institución (Indergård & H., 2025).

Tabla 13:*Elaboración propia Matriz de Evaluación de Criterios Ergonómicos (MEC-Docente)*

Criterio	Peso (%)	Indicadores Clave	Método de Evaluación	Objetivo	Referencia (DOI/URL)
Confort	30	Ausencia de molestias, satisfacción subjetiva	Cuestionario Nórdico, escalas Likert	≥ 7/10 satisfacción; ≤ 1 semana con molestias	Kuorinka et al., 1987, Applied Ergonomics (Nordic Questionnaire) doi:10.1016/0003-6870(87)90010-X. (PubMed)
Eficiencia	25	Tiempo por tarea, errores, fluidez	Cronometraje y análisis de tareas; (opcional); métricas de usabilidad según ISO 9241-11	+20% productividad vs. línea base; ≥ 90% éxito en tareas clave	ISO 9241-11:2018 (usabilidad: eficacia, eficiencia, satisfacción) — https://www.iso.org/standard/63500.html ; NN/g (tasa de éxito como métrica central) — https://www.nngroup.com/articles/success-rate-the-simplest-usability-metric/ . (ISO)
Seguridad	25	Incidentes, riesgos identificados/controlados	HAZID y matriz de riesgos conforme ISO 31010; seguimiento de acciones	Cero accidentes (visión preventiva)	ISO/IEC 31010:2019 (técnicas de evaluación de riesgos) — https://www.iso.org/standard/72140.html ; Vision Zero (ISSA) — PDF guía: https://www.issa.int/sites/default/files/documents/prevention/17_024_Broschure_Vision_Zero_-web-223106.pdf . (ISO)
Bienestar	20	Estrés, motivación, compromiso	DASS-21 para estrés; gestión psicosocial ISO 45003	< 5% personal con estrés "alto" (DASS-21); plan de controles psicosociales activo	https://www.iso.org/standard/64283.html — DASS-21 (Lovibond & Lovibond) — doi:10.1016/0005-7967(94)00075-U; ISO 45003:2021 — https://www.iso.org/home.html
Compromiso laboral (subcriterio de Bienestar)		Compromiso (vigor, dedicación, absorción)	UWES (Utrecht Work Engagement Scale)	≥ 3.88/6 (punto de corte típico "alto") o ↑ vs. línea base	https://www.redalyc.org/journal/180/18069356001/html/#fn27

Nota: (Indergård & H., 2025).

2.1.2 Herramientas de Autoevaluación Docente

El desarrollo de herramientas digitales de autoevaluación permite a los docentes realizar diagnósticos preliminares de sus condiciones ergonómicas, facilitando la identificación temprana de riesgos y la implementación de medidas correctivas.

2.1.2.1. Cuestionario Digital de Autoevaluación Ergonómica:

■ **Módulo 1: Configuración del Puesto de Trabajo**

- Lista de verificación visual con fotografías de referencia
- Mediciones básicas con herramientas simples (regla, aplicaciones móviles)
- Evaluación de ajustes de mobiliario disponible

■ **Módulo 2: Síntomas y Molestias**

- Escala visual analógica de dolor y molestias
- Mapeo corporal de zonas afectadas
- Correlación temporal con actividades específicas

■ **Módulo 3: Hábitos de Trabajo**

- Registro de duración de actividades sedentarias
- Frecuencia de pausas y cambios posturales
- Uso de elementos de apoyo ergonómico

■ **Módulo 4: Ambiente de Trabajo**

- Evaluación subjetiva de confort lumínico, térmico y acústico

- Identificación de elementos distractores o molestos
- Satisfacción general con el espacio de trabajo

2.1.2.2. Protocolo de Evaluación Ergonómica Sistemática

Fase 1: Intervenciones Inmediatas (0–3 meses)

- Ajustes de mobiliario existente sin costo adicional
- Reorganización de elementos según principios ergonómicos
- Implementación de pausas activas y ejercicios básicos
- Capacitación básica en ergonomía para docentes

Fase 2: Mejoras de Mediano Plazo (3–12 meses)

- Adquisición de elementos ergonómicos básicos (soportes, cojines, reposapiés)
- Mejoras en iluminación con tecnología LED básica
- Implementación de herramientas de autoevaluación
- Programas de capacitación especializada

Fase 3: Transformación Integral (1–3 años)

- Renovación completa de mobiliario con criterios ergonómicos
- Implementación de sistemas tecnológicos avanzados

- Remodelación de espacios según principios de diseño universal
- Establecimiento de programas de seguimiento y evaluación continua

2.1.2.3. Indicadores de Éxito:

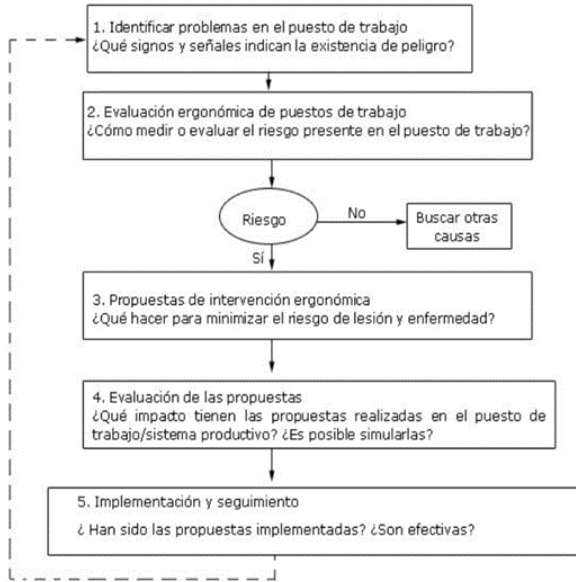
- Reducción de reportes de molestias musculoesqueléticas (meta: 40 %)
- Mejora en índices de satisfacción laboral (meta: 25 %)
- Incremento en productividad académica medible (meta: 15 %)
- Reducción de ausentismo por enfermedades ocupacionales (meta: 30 %)

2.1.3 Programa de Implementación Gradual

La transformación ergonómica de espacios educativos requiere un enfoque gradual y sistemático que considere limitaciones presupuestarias, resistencia al cambio y necesidades de capacitación. El programa debe priorizar intervenciones según impacto en salud, costo-efectividad y facilidad de implementación, como se muestra en la Figura 8 (J. et al., 2014).

Figura 8:

Procedimiento para realizar intervenciones ergonómicas



Nota: Basado en (J. et al., 2014).

La implementación exitosa de criterios ergonómicos en espacios docentes requiere una metodología sistemática de evaluación que integre herramientas objetivas de medición con evaluación subjetiva de confort y satisfacción usuaria. El protocolo debe considerar la variabilidad temporal de actividades académicas y la diversidad de usuarios docentes.

2.1.4 Fases de Evaluación Integral:

1. Análisis Preliminar de Tareas Académicas

- Identificación de actividades principales y secundarias

- Cuantificación de tiempo dedicado a cada actividad
- Análisis de demandas físicas, cognitivas y sensoriales
- Mapeo de herramientas y tecnologías utilizadas

2. Evaluación Antropométrica Poblacional

- Medición de dimensiones corporales relevantes (percentiles 5, 50, 95)
- Análisis de compatibilidad con mobiliario existente
- Identificación de necesidades de ajuste o reemplazo
- Consideración de diversidad e inclusión

3. Evaluación Ambiental Cuantitativa

- Medición de parámetros lumínicos (luxómetro calibrado)
- Evaluación de condiciones térmicas (termohigrómetro)
- Análisis de niveles sonoros (sonómetro profesional)
- Evaluación de calidad del aire (medidores CO₂, partículas)

4. Evaluación Postural y Biomecánica

- Análisis fotogramétrico de posturas de trabajo
- Aplicación de métodos estandarizados (RULA, REBA, OWAS)

- Evaluación de ángulos articulares críticos
- Identificación de factores de riesgo musculoesquelético

2.1.5 Antropometría Aplicada al Diseño del Mobiliario Educativo y de Oficina

2.1.5.1. Fundamentos Científicos de la Antropometría Educativa

La antropometría es la ciencia que mide las dimensiones y proporciones del cuerpo humano. Es fundamental para el diseño ergonómico, ya que el mobiliario y los equipos deben adaptarse a la variabilidad de la población. No existe una “talla única” para el mobiliario de oficina, y la diversidad de estaturas y constituciones físicas entre los docentes requiere soluciones ajustables o una gama de tamaños (Pheasant, 2016).

En el contexto ecuatoriano, los datos antropométricos de la población difieren significativamente de las poblaciones europeas o norteamericanas en las que se basan muchos estándares internacionales. En adultos de Ecuador, existen variaciones importantes en medidas como la altura de sentado, la altura de codo y el alcance funcional (Lema Barrera, 2013). Para una aplicación práctica de estos principios en el diseño de espacios de trabajo docente, la Tabla 14 presenta las dimensiones antropométricas clave y sus correspondientes aplica-

ciones en el mobiliario, utilizando percentiles que abarcan la mayor parte de la población adulta.

A continuación, se presenta una tabla con dimensiones antropométricas clave y su aplicación en el diseño del mobiliario docente, utilizando percentiles (P5, P50, P95) para abarcar la mayor parte de la población adulta.

Tabla 14:*Dimensiones Antropométricas Clave y su Aplicación en el Diseño del Mobiliario Docente (Valores Sugeridos en cm)*

Dimensión Antropométrica	Descripción	P5	P50	P95	Aplicación en el Diseño del Mobiliario
Altura Ojo Sentado	Distancia vertical del asiento al ojo.	70.0	76.5	82.0	Altura del monitor y ángulo de visión. El borde superior del monitor debe estar a la altura de los ojos o ligeramente por debajo.
Altura Codo Sentado	Distancia vertical del asiento al codo (ángulo de 90°).	22.0	26.5	30.0	Altura de la superficie de trabajo (escritorio). Permite que los brazos y antebrazos formen un ángulo de 90° o más.
Longitud Alcan-ce Funcional	Distancia horizontal desde el hombro al puño.	55.0	60.0	65.0	Profundidad del escritorio, ubicación de teclado, ratón y objetos de uso frecuente. Deben estar al alcance sin estiramientos.
Altura Muslo al Asiento	Distancia vertical del asiento a la parte superior del muslo.	10.0	12.0	14.0	Altura libre bajo el escritorio para permitir el movimiento de las piernas y evitar presión sobre los muslos.
Altura Rodilla al Asiento	Distancia vertical del asiento a la parte inferior de la rodilla.	50.0	55.0	60.0	Altura del borde inferior del escritorio o espacio libre para las rodillas.
Anchura Hom-bros	Distancia horizontal entre los extremos de los hombros.	40.0	45.0	50.0	Anchura del asiento de la silla, espacio de trabajo para evitar colisiones.
Altura de Visión de Pie	Distancia vertical del suelo al ojo (de pie).	150.0	165.0	180.0	Altura de pizarras, proyectores y estantes en aulas. Permite una visualización cómoda para la mayoría de los docentes.

Nota: Valores adaptados de referencias antropométricas generales y específicas de poblaciones latinoamericanas. Para un diseño preciso, se recomienda obtener datos antropométricos específicos de la población docente a la que se destina el mobiliario (Lema Barrera, 2013).

El uso de los percentiles es clave:

- **El percentil 5 (P5)** representa el 5% más pequeño de la

población. Diseñar para el P5 asegura que los individuos más pequeños puedan alcanzar los controles o sentarse cómodamente.

- **El percentil 95 (P95)** representa el 5% más grande de la población. Diseñar para el P95 asegura que los individuos más grandes puedan encajar en el espacio o utilizar el mobiliario sin restricciones.
- **El percentil 50 (P50)** es el promedio. Diseñar solo para el promedio excluye a una parte significativa de la población.

2.1.5.2. Estadísticas de Diseño Antropométrico

La aplicación de datos antropométricos en el diseño de mobiliario docente requiere considerar la diversidad poblacional ecuatoriana. Para garantizar que el diseño sea inclusivo y funcional, es esencial utilizar datos antropométricos específicos del contexto local, como los presentados en la Tabla 15, la cual proporciona dimensiones clave basadas en estándares internacionales adaptados a la población ecuatoriana.

Principios de Aplicación Antropométrica:

1. **Principio del percentil extremo:** Para medidas críticas de seguridad

2. **Principio del percentil promedio:** Para medidas de confort general
3. **Principio de ajustabilidad:** Para acomodar rango percentil 5–95
4. **Principio de diseño para todos:** Consideración de población con discapacidad

Tabla 15:

Datos antropométricos locales: Dimensiones Antropométricas Clave para Mobiliario Docente basada en ISO 9241-5

Medida	Aplicación	P5 Muje- res	P50 Total	P95 Hom- bres	Recomendación Diseño
Estatura (mm)	Altura estante- rías	1485	1620	1755	Máx. 1400mm (al- cance)
Altura codo sentado (mm)	Altura mesa tra- bajo	185	235	285	200–270mm regula- ble
Anchura ca- deras (mm)	Ancho silla	310	365	420	Mín. 450mm
Altura poplí- tea (mm)	Altura asiento	350	405	460	380–450mm regula- ble
Longitud nalga- poplítea (mm)	Profundidad asiento	420	475	530	400–500mm

Nota: Elaboración propia.

2.1.5.3. Diseño de Mobiliario Específico: Escritorio Docente Ergonómico

Especificaciones técnicas basadas en análisis antropométrico:

- **Superficie de trabajo:** 1600 × 800mm mínimo
- **Altura regulable:** 680–850mm (percentil 5–95)
- **Espacio para piernas:** 600mm ancho × 450mm profundidad × 650mm altura
- **Características adicionales:** Gestión de cables, superficie antirreflejos, borde redondeado

Estas especificaciones se complementan con los requerimientos detallados para la silla docente ergonómica que se presentan en la Tabla 16, la cual establece los criterios técnicos fundamentales basados en estándares internacionales adaptados al contexto universitario.

Tabla 16:*Especificaciones Silla Docente Ergonómica, basada en ISO 9241-5*

Componente	Especificación	Justificación Antropométrica
Asiento - Altura	420–550mm regulable	Cubre P5–P95 altura poplítea + calzado
Asiento - Profundidad	380–420mm	Permite apoyo lumbar sin presión poplítea
Asiento - Ancho	450mm mínimo	Acomoda P95 ancho caderas + holgura
Respaldo - Altura	600–900mm	Soporte lumbar + torácico
Apoyabrazos - Altura	200–320mm sobre asiento	Rango altura codo sentado
Apoyabrazos - Ancho	250–320mm	Soporte antebrazos sin restricción

Nota: Elaboración propia.

La antropometría constituye la base científica fundamental para el dimensionamiento adecuado del mobiliario educativo, garantizando la compatibilidad óptima entre las características físicas diversas del cuerpo humano y las dimensiones funcionales del puesto de trabajo. Las variaciones significativas entre la población docente universitaria ecuatoriana en las regiones geográficas (costa, sierra, oriente), grupos étnicos (mestizo, indígena, afroecuatoriano), géneros y grupos etarios, requieren un enfoque de diseño inclusivo que acomode esta variabilidad natural. Para ilustrar estas variaciones en el contexto

específico de Ecuador, la Tabla 17 presenta datos antropométricos detallados de docentes universitarios ecuatorianos organizados por percentiles y género.

Tabla 17:

Dimensiones Antropométricas de Docentes Universitarios Ecuatorianos

Medida Antropométrica	Percentil 5	Percentil 50	Percentil 95	Aplicación en Diseño
	H (cm)	M (cm)	H (cm)	M (cm)
Estatura de pie	158.2	148.6	167.8	156.4
Altura sentada	82.4	77.8	87.9	82.6
Altura codos sentado	18.2	17.1	22.7	20.8
Altura poplítea	40.0	37.0	44.0	41.0
Longitud nalga-rodilla	54.8	52.1	59.3	56.6
Ancho de caderas	32.4	34.2	36.8	38.9
Alcance horizontal	69.2	61.8	75.7	67.3

Nota: Basado en (Yépez, 2024).

2.1.5.4. Principios de Diseño Antropométrico Inclusivo

Principio de Ajustabilidad Dinámica El mobiliario educativo debe incorporar sistemas de ajuste que acomoden el rango completo de usuarios desde el percentil 5 femenino hasta el percentil 95 masculino, garantizando inclusividad total del diseño. Esta aproximación

es crítica en sillas de trabajo, mesas regulables en altura y sistemas de presentación ajustables (Taylor, 2005).

Principio de Alcance Ergonómico Zonificado Las dimensiones de alcance determinan la disposición espacial óptima de elementos dentro del área de trabajo, estableciendo tres zonas funcionales diferenciadas:

- **Zona óptima:** alcance con antebrazo flexionado (radio 35–40 cm) – elementos de uso muy frecuente
- **Zona máxima:** alcance con brazo extendido (radio 55–65 cm) – elementos de uso frecuente
- **Zona ocasional:** alcance con inclinación corporal controlada (radio 75–85 cm) – elementos de uso esporádico

Principio de Holgura Funcional Se debe incorporar espacio adicional para acomodar movimientos naturales, variaciones en vestimenta y variabilidad postural dinámica, generalmente 10–15 % sobre las dimensiones antropométricas básicas (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2017).

Consideraciones de Diseño Inclusivo Universal El diseño antropométrico debe considerar necesidades específicas de poblaciones

diversas:

Adaptaciones para Diversidad de Género:

- Diferencias en dimensiones corporales durante embarazo
- Variabilidad en fuerza muscular para mecanismos de ajuste
- Consideraciones ergonómicas específicas para lactancia

Inclusión de Personas con Discapacidad: Según la Ley Orgánica de Personas con Discapacidad del Ecuador (2025) (Registro Oficial - Ecuador No 73, 2025).

- Usuarios de silla de ruedas: altura de superficie 70–85 cm
- Espacio libre bajo escritorio: mínimo 67 cm altura, 76 cm ancho
- Alcance frontal máximo: 120 cm desde posición sedente
- Controles de ajuste accesibles desde posición sentada

2.1.6 Componentes del Puesto de Trabajo Docente:

Un puesto de trabajo docente se compone de varios elementos que interactúan entre sí. El diseño ergonómico de cada uno es crucial.

2.1.6.1. Escritorios, Sillas, Pizarras, Estanterías, Ayudas Didácticas

- **Escritorios:**

- **Altura ajustable:** Idealmente, el escritorio debe ser ajustable en altura (eléctrico o manual) para permitir al docente alternar entre posturas sentadas y de pie. Esto reduce la fatiga y el riesgo de TME asociados a la postura estática prolongada (Tew et al., 2015).
 - **Superficie de trabajo:** Suficientemente amplia para albergar el monitor, teclado, ratón, documentos y otros materiales sin aglomeración. Una superficie mate reduce los reflejos.
 - **Espacio libre bajo el escritorio:** Debe permitir el movimiento libre de las piernas y el uso de reposapiés sin obstrucciones. La altura mínima libre para las rodillas debe ser de al menos 65 cm.
- **Sillas Ergonómicas:** Es el componente más crítico para la postura sentada. Debe cumplir con las siguientes características:
- **Altura ajustable:** Permite que los pies estén planos en el suelo o sobre un reposapiés, con las rodillas formando un ángulo de 90 grados.
 - **Respaldo ajustable:** Debe ofrecer soporte lumbar, adaptándose a la curvatura natural de la columna (lordosis

lumbar). Debería tener ajuste de altura e inclinación.

- **Asiento ajustable:** Con borde delantero redondeado (“casca- cada”) para no presionar la parte posterior de los muslos, y con ajuste de profundidad para que la espalda toque el respaldo y queden 2–3 dedos de espacio entre el borde del asiento y la parte posterior de las rodillas.
- **Reposabrazos ajustables:** En altura y ancho, para apoyar los antebrazos y reducir la tensión en hombros y cuello, sin interferir con la cercanía al escritorio.
- **Base estable:** Con cinco puntos de apoyo y ruedas para facilitar el movimiento.

■ Pizarras (Blancas/Inteligentes):

- **Altura y alcance:** Deben estar ubicadas a una altura que permita al docente escribir cómodamente en toda su superficie sin hiperextensión del cuello o del brazo. La parte inferior no debe estar a menos de 90 cm del suelo y la superior no exceder los 200 cm para la mayoría de los usuarios.
- **Superficie mate:** Reduce el brillo y la fatiga visual.
- **Acceso:** El espacio frente a la pizarra debe ser despejado para permitir el movimiento y la interacción.

- **Estanterías y Almacenamiento:**
 - **Accesibilidad:** Los objetos de uso frecuente deben estar al alcance sin necesidad de estiramientos excesivos, giros de tronco o uso de escaleras inestables. La altura de los estantes superiores debe ser considerada para el P5 de altura de alcance, y los inferiores para evitar posturas forzadas de agacharse (Pheasant, 2016).
 - **Organización:** Un sistema de archivo claro y bien organizado reduce el tiempo de búsqueda y la frustración.
- **Ayudas Didácticas:** Proyector, pantallas, podios, equipos de laboratorio. Deben ser de fácil acceso, operar de manera intuitiva y estar ubicados de forma que no generen obstrucciones visuales o de paso. Los podios ajustables en altura son ideales para la comodidad del orador.

Análisis Funcional de Componentes: Escritorio Docente Multifuncional:

- **Zona primaria (0–38 cm):** Teclado, ratón, documentos activos
- **Zona secundaria (38–66 cm):** Monitor, teléfono, materiales de referencia

- **Zona terciaria (>66 cm):** Almacenamiento, decoración, elementos ocasionales

Configuración Óptima de Estanterías: Basada en zonas de alcance y frecuencia de uso. Para una distribución eficiente del espacio vertical de almacenamiento, la Tabla 18 presenta una clasificación por niveles de altura, contenido recomendado y frecuencia de acceso, optimizando la accesibilidad según principios ergonómicos.

Tabla 18:
Distribución Vertical de Estanterías

Nivel	Altura (mm)	Contenido recomendado	Reco-	Frecuencia Acceso
Superior	1600–2000	Archivo histórico, decoración		Ocasional
Medio-Alto	1200–1600	Libros referencia, materiales didácticos		Semanal
Medio	800–1200	Libros actuales, documentos frecuentes		Diaria
Medio-Bajo	400–800	Suministros, equipos portátiles		Diaria
Inferior	0–400	Almacenamiento pesado, archivo	pe-	Ocasional

Nota: Basado en (Pheasant, 2016).

Pizarras Ergonómicas:

- Altura de escritura: 900–1100mm del suelo
- Longitud efectiva: Máximo 2400mm (límite campo visual)
- Ángulo de inclinación: 2–5° hacia atrás (reduce reflejos)
- Características: Superficie magnética, líneas guía, iluminación integrada

Escritorios y Superficies de Trabajo Multifuncionales El escritorio constituye el elemento neurálgico del puesto de trabajo docente, funcionando como plataforma integradora donde convergen actividades diversas: planificación curricular, investigación académica, corrección evaluativa, gestión administrativa e interacción educativa. El diseño contemporáneo debe acomodar la naturaleza multifacética del trabajo académico universitario, proporcionando flexibilidad funcional y adaptabilidad tecnológica (Adenipekun et al., 2021). Para materializar estos principios en dimensiones concretas, la Tabla 19 establece especificaciones técnicas optimizadas basadas en análisis ergonómico y antropométrico.

Especificaciones Técnicas Optimizadas

Tabla 19:

Dimensiones Recomendadas para Escritorios Docentes Multifuncionales

Parámetro	Valor Recomendado	Rango Ajustable	Justificación Ergonómica
Altura superficie	74 cm	68–80 cm	Altura promedio de codos sentado + 2.5 cm
Profundidad total	80 cm	70–120 cm	Alcance brazo + distancia PVD + documentos
Ancho mínimo	120 cm	100–160 cm	Espacio documentos + PC + área escritura
Espacio libre piernas	60 cm	55–65 cm	Holgura movimiento + percentil 95
Grosor superficie	25 mm	20–30 mm	Estabilidad estructural sin interferencia
Capacidad carga	80 kg	60–100 kg	Equipos tecnológicos + documentación

Nota: Basado en (Adenipekun et al., 2021).

Características Funcionales Avanzadas:

- Superficies antirreflejantes con coeficiente de reflexión 30–50 %
- Bordes redondeados con radio mínimo 2 mm para prevención de lesiones
- Sistemas integrados de gestión de cableado tecnológico

- Módulos de almacenamiento accesible con cajones de deslizamiento suave
- Zonas específicas designadas para CPU y periféricos tecnológicos

Las configuraciones en forma de “L” han demostrado incrementar la superficie útil funcional en 40 % y facilitar la organización por zonas de actividad: zona de escritura manual, zona digital interactiva y zona de consulta bibliográfica especializada.

2.1.6.2. Equipos Informáticos y Periféricos

La correcta configuración de los equipos es vital para prevenir la fatiga visual y los TME. Los principios ergonómicos para la disposición de monitores, teclados y ratones pueden visualizarse de manera integral en la Figura 9, la cual ilustra la configuración óptima de un puesto de trabajo docente con computadora.

- **Monitor:**

- **Posición:** El borde superior de la pantalla debe estar a la altura de los ojos o ligeramente por debajo. La distancia de visualización debe ser de 50–70 cm (la longitud de un brazo extendido).

- **Ángulo:** Perpendicular a la ventana para evitar deslumbramientos directos o reflejos. Puede ser ligeramente inclinado hacia atrás.
 - **Brillo y Contraste:** Ajustados para que sean cómodos para la vista, ni muy brillantes ni muy tenues.
 - **Monitores duales:** Pueden ser muy beneficiosos para la multitarea docente, pero deben estar correctamente alineados para minimizar los movimientos de cabeza y cuello (Praburam, 2024).
- **Teclado y Ratón:**
- **Posición:** El teclado debe estar directamente frente al usuario, a una distancia que permita que los antebrazos estén paralelos al suelo y las muñecas rectas.
 - **Ratón:** Debe estar lo más cerca posible del teclado para evitar extensiones excesivas del brazo. Se recomienda el uso de ratones ergonómicos o alternativas como trackballs si hay síntomas en la muñeca.
 - **Reposamuñecas:** Aunque útiles, deben ser utilizados para descansar las muñecas durante las pausas, no para apoyar las muñecas mientras se escribe o se usa el ratón.

Figura 9:

Configuración Ergonómica Ideal del Puesto de Trabajo con Computadora



Nota: Open AI, 2025.

Configuración de Estación de Trabajo Digital: Monitor Principal:

- **Tamaño recomendado:** 24–27 pulgadas para trabajo ofimático
- **Resolución mínima:** 1920 × 1080 (Full HD)
- **Distancia visual:** 50–70 cm (brazo extendido)
- **Altura:** Tercio superior a nivel de ojos
- **Características:** Ajuste altura/inclinación, filtro luz azul, conectividad múltiple

Estas características técnicas pueden especificarse con mayor detalle en términos de equipamiento mínimo y óptimo, como se presenta en la Tabla 20, que proporciona una guía completa para la selección de equipos informáticos basada en criterios ergonómicos y funcionales.

Tabla 20:

Especificaciones Técnicas Equipos Informáticos

Equipo	Especificación Mínima	Especificación Óptima	Consideración Ergonómica
Monitor	24" Full HD IPS	27" 4K IPS HDR	Reducción fatiga visual
Teclado	Mecánico low-profile	Ergonómico dividido	Reduce carga muñecas
Mouse	Óptico 1600 DPI	Ergonómico vertical	Previene túnel carpiano
Webcam	1080p 30fps	4K 60fps con IA	Calidad imagen profesional
Audio	Auriculares con micrófono	Sistema conferencia profesional	Inteligibilidad comunicación

Nota: Basado en (Praburam, 2024).

Periféricos Especializados:

- **Tableta gráfica:** Para anotaciones digitales y diagramas
- **Visualizador de documentos:** Presentación de material físico
- **Sistema de respuesta estudiantil:** Clickers o aplicaciones

móviles

- **Puntero láser ergonómico:** Presentaciones dinámicas

2.1.6.3. Sistemas de Asiento Ergonómico Avanzado

La selección de sillas ergonómicas para personal docente debe considerar las características específicas de la actividad académica, que incluye períodos prolongados de sedestación alternados estratégicamente con actividades de bipedestación y desplazamiento. Para garantizar el cumplimiento de estándares técnicos óptimos, la Tabla 21 establece especificaciones técnicas integrales basadas en normativas internacionales e investigación aplicada. Los criterios técnicos esenciales comprenden soporte lumbar anatómico ajustable, regulación neumática de altura, reposabrazos multidireccionales y materiales termorreguladores transpirables.

Tabla 21:

Especificaciones Técnicas Integrales para Sillas Ergonómicas Docentes

Componente	Especificación Técnica	Rango Ajustable	Función Ergonómica
Altura asiento	42–54 cm	38–58 cm	Apoyo plantar completo con ángulos poplíteos 90–110°
Profundidad asiento	40–44 cm	38–46 cm	Apoyo adecuado de muslos sin presión poplíteo
Ancho asiento	45–50 cm	40–55 cm	Estabilidad lateral con libertad de movimiento
Altura respaldo	60–65 cm	55–70 cm	Soporte lumbar anatómico completo
Inclinación respaldo	100–110°	95–120°	Reducción presión intradiscal lumbar
Altura apoyabrazos	20–25 cm	18–28 cm	Descarga muscular de hombros y cuello

Nota: Basado en (ISO, 2017; Narainsamy et al., 2025).

Características Técnicas Avanzadas:

- Espuma viscoelástica de alta densidad (35–40 kg/m³) con memoria de forma
- Tapizados transpirables con tratamiento antimicrobiano y propiedades termorreguladoras
- Mecanismo sincronizado con bloqueo en múltiples posiciones

- Soporte lumbar tridimensional ajustable en altura, profundidad y firmeza
- Certificaciones BIFMA (Business and Institutional Furniture Manufacturers Association)
- Base pentágona con ruedas diferenciadas según tipo de superficie

La implementación de sillas ergonómicas certificadas puede reducir hasta 50% la incidencia de dolor lumbar en personal docente, con mejoras significativas en productividad académica y satisfacción laboral.

2.1.6.4. Sistemas de Escritura y Presentación Integrados

Pizarras y Superficies Interactivas Modernas La escritura debe integrar tecnologías tradicionales y digitales, considerar parámetros ergonómicos contemporáneos de altura de instalación, ángulos de inclinación optimizados y calidad de superficie para maximizar visibilidad mientras se reduce fatiga postural docente.

Especificaciones de Instalación Ergonómica:

- **Altura del centro geométrico:** 120–140 cm desde nivel de piso

- **Dimensiones estándar modulares:** 120 × 200 cm (aulas compactas), 150 × 300 cm (aulas amplias)
- **Inclinación óptima:** 0–15° respecto a vertical para reducir reflejos
- **Material:** acero vitrificado con superficie antirreflejante especializada
- **Iluminación específica:** 500–750 lux uniformemente distribuidos sin generación de sombras

Integración Tecnológica Avanzada:

- Compatibilidad con proyectores interactivos de última generación
- Conectividad inalámbrica WiFi y Bluetooth
- Software de anotación digital con sincronización cloud
- Sistemas integrados de grabación y streaming de clases

2.1.6.5. Sistemas de Almacenamiento Ergonómico Zonificado

En espacios docentes los sitios para almacenamiento deben diseñarse aplicando principios ergonómicos de alcance, manipulación de car-

gas y zonificación por frecuencia de uso. La distribución vertical debe seguir la regla optimizada de “peso-frecuencia-antropometría”, ubicando elementos según patrones de uso y limitaciones biomecánicas (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2011). Para una implementación práctica de estos principios, la Tabla 22 establece un sistema de zonificación ergonómica integral que organiza el espacio de almacenamiento en áreas funcionales específicas.

Tabla 22:

Zonificación Ergonómica Integral de Estanterías

Zona	Altura (cm)	Uso Recomendado	Frecuencia Acceso	Carga Máxima (kg)
Superior	180–220	Archivo histórico inactivo	Ocasional (mensual)	15
Visual	140–180	Material consultado frecuente	Diaria	20
Manual	75–140	Trabajo activo diario	Muy frecuente (horaria)	25
Inferior	30–75	Almacenamiento de materiales pesados	Semanal	30
Suelo	0–30	No recomendado (riesgo ergonómico)	Nunca	0

Nota: Basado en (ISO, 2017; Narainsamy et al., 2025).

Especificaciones Técnicas de Seguridad:

- **Profundidad máxima:** 30 cm (estantes altos), 40 cm (estantes bajos)
- **Separación interesante:** mínimo 25 cm para manipulación cómoda
- **Sistemas antivuelco obligatorios** para estanterías >120 cm
- **Materiales** con bordes redondeados y acabados antideslizantes

2.1.7 Diseño Ergonómico en Contextos Virtuales y de Teletrabajo Docente

El teletrabajo, consolidado por la pandemia de COVID-19, ha transformado el hogar en un espacio de trabajo. Si bien ofrece flexibilidad, también presenta desafíos ergonómicos significativos, ya que muchos docentes no disponen de mobiliario adecuado en casa.

El Acuerdo Ministerial No. MDT-2022-237 del Ministerio de Trabajo del Ecuador sobre las Directrices que regulan el contrato de teletrabajo y los lineamientos del derecho de desconexión laboral, establece que el empleador debe garantizar las condiciones de seguridad y salud en el teletrabajo. Esto incluye, aunque no se especifica de forma exhaustiva, la corresponsabilidad en el diseño ergonómico del puesto.

Recomendaciones para el teletrabajo docente:

- **Puesto de trabajo dedicado:** Si es posible, un espacio exclusivo para trabajar ayuda a establecer límites entre la vida laboral y personal.
- **Mobiliario básico:** Incentivar el uso de una silla ergonómica o, en su defecto, adaptar una silla convencional con cojines para soporte lumbar. Un escritorio a la altura adecuada o el uso de un elevador para el portátil para conseguir una postura de pantalla correcta.
- **Iluminación:** Asegurar una buena iluminación natural y complementarla con luz artificial difusa, evitando reflejos en la pantalla.
- **Gestión de la jornada:** Establecer horarios definidos, tomar pausas regulares y realizar actividades fuera de la pantalla para reducir la fatiga visual y cognitiva.
- **Conectividad y tecnología:** Una conexión a internet estable y equipos tecnológicos adecuados (cámara, micrófono, auriculares) reducen el estrés por fallos técnicos.

2.1.7.1. Ergonomía del Home Office Académico

El trabajo docente desde casa, no necesariamente teletrabajo, presenta desafíos ergonómicos únicos que requieren adaptaciones específicas, similar a una oficina normal (Lugar de trabajo) (Diesbourg et al., 2024a):

Compromiso laboral: Protocolo de Pausas Activas Docentes (PPAD).

Para facilitar la implementación de estas pausas en diferentes contextos de disponibilidad de tiempo, la Tabla 23 presenta una rutina de ejercicios escalonada por duración, frecuencia y objetivos específicos.

Tabla 23:*Rutina de Ejercicios por Tiempo Disponible*

Duración	Ejercicios	Frecuencia	Objetivo
2 minutos	Movimientos oculares, rotación cuello, extensión brazos	Cada 30 min	Alivio inmediato
5 minutos	Estiramiento completo cuello/hombros, movilidad muñecas	Cada 90 min	Prevención TME
10 minutos	Rutina postural completa + respiración	2 veces/día	Reactivación general
15 minutos	Fortalecimiento core + estiramientos profundos	1 vez/día	Mantenimiento físico

Nota: Basado en (ISO, 2023; Narainsamy et al., 2025).

Ejercicios Específicos por Región:**Región Cervical:**

1. **Flexión-extensión:** 10 repeticiones lentas
2. **Rotación lateral:** 8 repeticiones cada lado
3. **Inclinación lateral:** 8 repeticiones cada lado
4. **Estiramiento trapecio:** 30 segundos cada lado

Región Lumbar:

1. **Báscula pélvica:** 15 repeticiones
2. **Rotación tronco-sentado:** 10 cada lado
3. **Extensión lumbar de pie:** 8 repeticiones
4. **Flexión lumbar controlada:** 5 repeticiones

2.1.8 Herramientas Digitales y Plataformas Educativas: Análisis desde la Ergonomía Cognitiva

La interacción del docente con la tecnología es central en su día a día. La ergonomía cognitiva es crucial para el diseño de estas herramientas. Si las plataformas son difíciles de usar, complejas o inconsistentes, generan carga cognitiva innecesaria y frustración.

2.1.8.1. Principios de Usabilidad Aplicados a Herramientas Digitales:

Según información de (Lor, 2022):

- **Claridad y Consistencia:** Interfaces intuitivas, con iconos y términos uniformes.
- **Retroalimentación:** El sistema debe informar al usuario sobre la ejecución de instrucciones, por ejemplo, “Archivo cargado con éxito”.

- **Control y Libertad del Usuario:** Permitir al docente deshacer errores; también que cancele acciones o configure su sistema.
- **Prevención de Errores:** Diseño de alertas (Mensajes de Error) que minimicen la posibilidad de cometer errores críticos.
- **Reconocimiento antes que Memorizar:** Opciones visibles y claras, en lugar de requerir que el usuario memorice comandos.
- **Flexibilidad y Eficiencia de Uso:** Proporcionar atajos para usuarios expertos, pero manteniendo al mismo tiempo la facilidad de uso para los novatos
- **Estética y Diseño:** Evitar información irrelevante o diseños recargados que distraigan. Evitar convertirse en una fuente de distracción mediante la información irrelevante o un diseño recargado.

Aquellas universidades que invierten tanto en diseño de su interfaz (UI) como en su experiencia de usuario (UX) para las plataformas educativas, serán las que disfrutarán mayores niveles de satisfacción de docentes y una rápida curva de aprendizaje. Los sistemas (p.ej., LMS con sistemas de gestión académica) también evitan duplicidad en el trabajo y reducen la carga cognitiva (Miya & Govender, 2022).

Heurísticas de Nielsen Adaptadas para Educación: Las Heurísticas de Nielsen pueden ser adaptadas al contexto educativo para diseñar y evaluar interfaces de aprendizaje (LMS), Realidad virtual, materiales digitales y herramientas educativas (Mohammad & Pedersen, 2022). Para una aplicación práctica de estas heurísticas en la evaluación de plataformas educativas, la Tabla 24 presenta un sistema de evaluación estructurado con pesos específicos y criterios de cumplimiento adaptados al entorno educativo.

Tabla 24:*Evaluación Heurística Plataformas LMS*

Heurística	Descripción Educativa	Peso (%)	Criterio	Cumplimiento
Visibilidad estado	Progreso del curso, entregas pendientes	15	Indicadores claros permanentes	
Modelo mental	Metáforas educativas familiares	12	Navegación intuitiva <3 clics	
Control usuario	Personalización interfaz, ritmo aprendizaje	14	Opciones configuración visibles	
Consistencia	Patrones visuales y funcionales uniformes	13	Elementos UI coherentes	
Prevención errores	Validación formularios, confirmaciones	11	Mensajes preventivos claros	
Reconocimiento	Menús visibles vs. memorizar comandos	10	Iconografía universalmente reconocida	
Flexibilidad	Atajos, personalización para usuarios avanzados	8	Métodos alternativos acceso	
Diseño minimalista	Información relevante, sin distractores	12	Ratio señal/ruido >0.8	
Recuperación errores	Mensajes comprensibles y soluciones	9	Lenguaje natural, no códigos	
Ayuda documentación	Contexto específico, búsqueda eficiente	6	Ayuda contextual <2 clics	

Nota: Basado en (Mohammad & Pedersen, 2022).

2.1.8.2. Evaluación de Usabilidad Específica para Docentes

La facilidad de uso de un recurso educativo digital en cuanto a criterios como la eficacia (logro de objetivos), la eficiencia (esfuerzo requerido) y la satisfacción del docente, se mide utilizando métodos como pruebas con usuarios, inspecciones y cuestionarios, como se muestra en la Tabla 25 (Balanyà Rebollo & De Oliveira, 2024).

Protocolo de Evaluación UX-Docente:

Métricas Objetivas:

- **Tiempo de tarea:** Medición cronométrica actividades comunes
- **Tasa de errores:** Errores por sesión/actividad completada
- **Eficiencia:** Tareas completadas exitosamente/tiempo total
- **Aprendizaje:** Mejora rendimiento entre sesión 1 y 5

Métricas Subjetivas:

- **Escala de Usabilidad del Sistema (SUS, System Usability Scale):** Cuestionario 10 ítems. (Cuestionario corto que

aborda aspectos de la experiencia del usuario, como facilidad de uso, eficiencia y satisfacción)

- **Cuestionario AttrakDiff:** Evaluación cualidades pragmáticas/hedónicas (Se refiere a medir el valor de un producto o experiencia desde dos perspectivas: la pragmática (utilidad, funcionalidad y eficiencia) y la hedónica (placer, disfrute y atractivo emocional)
- **Cuestionario de Experiencia de Usuario (User Experience Questionnaire, UEQ):** 26 pares de adjetivos. (Herramienta de investigación para recopilar información sobre la interacción de los usuarios con un producto, servicio o plataforma.
- **Escala específica docente:** 15 ítems desarrollo propio. (Instrumentos que permiten una valoración graduada de la plataforma en función de criterios como diseño, usabilidad, contenido, funcionalidades, soporte y personalización).

Tabla 25:*Comparativa de Plataformas Educativas 2025*

Plataforma	Tipo	Usabilidad	Personalización	Funcionalidades	Soporte	Precio	Valoración
Moodle	Open Source	Buena	Alta	Completa	Comunidad	Gratis	4.3/5
Canvas LMS	Comercial/OS	Excelente	Alta	Completa	Oficial	Pago	4.5/5
Blackboard	Comercial	Buena	Media	Completa	Oficial	Pago	4.7/5
Chamilo	Open Source	Muy buena	Media	Básica	Comunidad	Gratis	4.7/5
sEazy LMS	Comercial	Excelente	Alta	Avanzada	Oficial	Pago	4.8/5
Docebo	Comercial	Muy buena	Alta	Avanzada	Oficial	Pago	4.3/5
TalentLMS	Comercial	Muy buena	Media	Avanzada	Oficial	Pago	4.7/5
Google Classroom	Gratuita	Excelente	Baja	Básica	Comunidad	Gratis	4.6/5
Open edX	Open Source	Buena	Alta	Completa	Comunidad	Gratis*	4.8/5
Schoology	Comercial	Muy buena	Media	Media	Oficial	Pago	4.4/5

Nota: Evaluación de Plataformas Educativas: Criterios Clave y Guía 2025 (INNOVERSIA, 2024).

2.2 Consideraciones Económicas y Sostenibilidad

2.2.1 Análisis de Costo-Beneficio Ergonómico

La implementación de mejoras ergonómicas en espacios educativos requiere inversión inicial significativa, pero genera retornos económicos traducidos a reducción de costos médicos, disminución del absentismo, incremento de productividad y mejora en retención del personal académico calificado (Woo et al., 2016).

Análisis Económico Integral:

Costos de Implementación (por puesto de trabajo):

- Mobiliario ergonómico básico: \$800-1,200 USD
- Tecnología especializada: \$600-1,000 USD

- Mejoras ambientales: \$300-500 USD
- Capacitación y consultoría: \$200-300 USD
- Total, inversión inicial: \$1,900-3,000 USD por puesto

Beneficios Económicos Anuales (por docente):

- Reducción costos médicos: \$400-600 USD
- Disminución ausentismo: \$300-500 USD
- Incremento productividad: \$800-1,200 USD
- Mejora retención personal: \$500-800 USD
- Total, beneficios anuales: \$2,000-3,100 USD por docente

Retorno de Inversión (ROI):

- Período de recuperación: 12-18 meses
- ROI a 5 años: 250-400 %
- Valor presente neto (VPN) positivo desde año 2

2.2.2 Sostenibilidad y Responsabilidad Ambiental

El diseño ergonómico sostenible integra criterios de eficiencia energética, materiales eco-amigables y ciclo de vida extendido de productos. La implementación de tecnologías LED inteligentes, mobiliario con

certificaciones ambientales y sistemas de gestión de residuos contribuye a los objetivos institucionales de sostenibilidad.

Criterios de Sostenibilidad:

- Certificaciones ambientales: GREENGUARD, <https://www.ul.com/services/ul-greenguard-certification>, Forest Stewardship Council (FSC). <https://fsc.org/es/normas-fsc>
- Eficiencia energética: reducción del 40-60 % en consumo lumínico
- Materiales reciclables: >80 % de componentes recuperables al final de vida útil
- Durabilidad extendida: vida útil mínima 10-15 años para mobiliario
- Reducción de residuos: programas de reutilización y reciclaje

2.3 Guías de Autocuidado y Autoevaluación del Entorno de Trabajo Docente

Empoderar al docente para que sea un agente activo en el cuidado de su propia salud es crucial. Las guías de autocuidado promueven hábitos saludables y la capacidad de realizar ajustes básicos en su puesto (Healy et al., 2013).

2.3.1 Elementos de una Guía de Autocuidado Docente:

- **Posturas Correctas:** Instrucciones claras sobre cómo sentarse, pararse, escribir en la pizarra y usar la computadora.
- **Pausas Activas y Estiramientos:** Rutinas de ejercicios sencillos que pueden realizarse en el puesto de trabajo cada 30-60 minutos para reducir la fatiga muscular y mejorar la circulación. Un ejemplo de estas pausas activas, basadas en investigación sobre reducción del tiempo sedentario en trabajadores de oficina, se presenta en la Tabla 26, la cual detalla ejercicios específicos, repeticiones, duración y beneficios para docentes.

Tabla 26:

Ejemplo de Pausas Activas para Docentes (Cada 60 minutos de trabajo)

Ejercicio	Descripción	Repeticiones	Duración	Beneficios
Estiramiento de Cuello	Inclinar la cabeza suavemente hacia un hombro y luego hacia el otro.	15 segundos	por lado	Alivia tensión en cuello y hombros.
Rotación de Hombros	Rotar los hombros hacia adelante y luego hacia atrás.	10 veces	en cada dirección	Relaja músculos del trapecio.
Estiramiento de Brazos y manos	Extender un brazo y hacia arriba, jalar dedos de la mano hacia el cuerpo. Repetir.	15 segundos	por mano	Previene de tendinitis y síndrome del túnel carpiano.
Levantamiento de Piernas	Sentado, levantar una pierna estirada y mantener unos segundos. Alternar.	5 veces	por pierna	Mejora circulación.
Caminata Corta	Levantarse y caminar por la oficina o el pasillo.	2-3 minutos		Rompe la postura estática, mejora circulación general.
Enfoque Visual	Mirar un objeto lejano (ventana) por 20 segundos, luego uno cercano.	5-10 veces		Reduce fatiga visual.

Nota: Basado en (Healy et al., 2013).

- **Hidratación y Nutrición:** Recordatorios sobre la importancia de beber agua y tener alimentación saludable para mantener los niveles de energía y concentración.
- **Gestión del Estrés:** Técnicas de respiración, mindfulness o pequeños momentos de desconexión.
- **Autoevaluación del Puesto:** Una lista de chequeo para que el docente pueda evaluar rápidamente si su silla, monitor y

teclado están ajustados correctamente.

La integración de estos elementos en un sistema coherente se visualiza en la Figura 10, la cual sintetiza los componentes clave de una guía de autocuidado ergonómico para docentes universitarios.

Figura 10:

Elementos Clave de una Guía de Autocuidado Ergonómico



Nota: Autores, 2025; Open AI, 2025.

Al proporcionar a los docentes estas herramientas y conocimientos, se fomenta una cultura de corresponsabilidad y prevención, lo que se traduce en un personal más saludable, motivado y productivo.

2.4 Conclusiones

Los principios fundamentales incluyen diseño ergonómico adaptativo con consideración antropométrica diferenciada, ángulos de visión óptimos, gestión térmica de dispositivos y materiales antiestáticos; modularidad tecnológica mediante sistemas de anclaje universales e

infraestructura eléctrica escalable (mínimo 4 tomas por estación); e integración audiovisual con pantallas táctiles y acústica controlada. Los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo en estaciones tecnológicas afectan predominantemente cuello, hombros y espalda baja, debidos tanto a factores físicos como psicosociales, particularmente la sobrecarga laboral. La implementación exitosa contempla cinco fases: análisis diagnóstico de necesidades e infraestructura, selección mediante prototipos validados, instalación escalonada con documentación técnica, capacitación diferenciada y monitoreo mediante indicadores de utilización.

El docente debe actuar simultáneamente como aprendiz, diseñador e investigador, facilitando transformaciones pedagógicas sostenibles con reconocimiento de que la infraestructura tecnológica constituye un medio habilitador mas no un fin pedagógico en sí mismo.

Capítulo 3

*Intervenciones Ergonómicas y Estrategias de
Mejora*

Los hallazgos de las intervenciones ergonómicas, luego del proceso de evaluación, culminan en acciones concretas que mejoran las condiciones laborales. La planificación de la implementación y ejecución requiere el involucramiento directivo y docente, cumplimiento normativo, tal que genere un impacto sostenible y positivo en la salud y la productividad académica (Zanden, 2015).

3.1 Diseño Participativo y Mejora Continua en Ergonomía Docente

3.1.1 Marco Teórico del Diseño Participativo

La premisa del diseño participativo en ergonomía se fundamenta en que los usuarios finales son expertos en su propio trabajo, por lo tanto, autoridades, docentes, estudiantes y personal administrativo deben participar activamente en todas las fases del proyecto ergonómico (Sanders & Stappers, 2008).

Principios del Diseño Participativo Ergonómico:

1. **Enfoque Colaborativo:** Desarrollo conjunto de soluciones
2. **Empoderamiento:** Transferencia de capacidades de análisis ergonómico
3. **Iteración:** Ciclos continuos de prototipado y refinamiento
4. **Contextualización:** Soluciones específicas para cada realidad

institucional

5. **Sostenibilidad:** Capacidad institucional para mejora continua

3.1.2 Metodología de Implementación Participativa

El diseño participativo de cualquier intervención ergonómica requiere aceptación y compromiso de sus principales beneficiarios, deben ser parte activa en el proceso de identificación de problemas y búsqueda de soluciones (International Ergonomics Association [IEA], 2000). Esta metodología fomenta un sentido de propiedad y empoderamiento entre los participantes, lo que incrementa significativamente la probabilidad de éxito de la intervención.

Fases del Diseño Participativo en Contextos Docentes:

Fase 1: Conformación del Equipo Multidisciplinario

La estructuración de este equipo se detalla en la Tabla 27, la cual especifica roles, perfiles, responsabilidades y tiempo de dedicación requerido para cada miembro, adaptando las recomendaciones de la International Ergonomics Association al contexto universitario.

Tabla 27:*Composición del Equipo de Diseño Participativo*

Rol	Perfil	Responsabilidades	Tiempo Dedicación
Ergonomista líder	Maestría en Ergonomía, 5+ años experiencia	Coordinación técnica, validación científica	100 %
Docente representante	Profesor titular, experiencia >10 años	Validación práctica, comunicación con pares	20 %
Estudiante representante	Estudiante activo, líder estudiantil	Perspectiva usuario final, feedback continuo	10 %
Administrador académico	Experiencia gestión educativa	Viabilidad institucional, recursos	15 %
Especialista TI	Ingeniero sistemas, conocimiento LMS	Aspectos tecnológicos, integración sistemas	25 %
Especialista infraestructura	Arquitecto/Ingeniero civil	Aspectos físicos, normativa construcción	15 %

Nota: Adaptado de (International Ergonomics Association [IEA], 2000).

Fase 2: Diagnóstico Participativo**Herramientas de Recolección Participativa:****Focus Groups Estructurados:**

- **Participantes:** 8-10 docentes por grupo
- **Duración:** 90-120 minutos
- **Moderación:** Ergonomista + observador
- **Estructura:**

- Calentamiento (15 min)
- Identificación problemas (30 min)
- Priorización (20 min)
- Generación ideas solución (25 min)
- Síntesis y validación (20 min)

Mapeo de Experiencia del Usuario (User Journey Mapping),

Esta técnica permite identificar los puntos de contacto críticos a lo largo de la jornada laboral del docente. Un análisis detallado de estos momentos clave se presenta en la Tabla 28, la cual mapea actividades, puntos críticos y oportunidades de mejora en diferentes segmentos horarios de la jornada docente.

Tabla 28:*Puntos de contacto Críticos en la Jornada Docente*

Jornada	Actividad	Puntos Críticos	Oportunidades de Mejora
7:00-8:00	Llegada/preparación	Estacionamiento, acceso edificios	Señalización, espacios dedicados
8:00-10:00	Primera clase	Equipos no funcionales, iluminación	Check List antes de clase automatizado
10:00-10:30	Pausa	Espacios de descanso inadecuados	Áreas de relajación ergonómicas
10:30-12:30	Segunda clase	Fatiga vocal, postura estática	Sistemas amplificación, mobiliario
12:30-14:00	Almuerzo	Espacios alimentación limitados	Comedores docentes ergonómicos
14:00-16:00	Tutorías	Oficinas inadecuadas, interrupciones	Rediseño espacial, gestión citas
16:00-18:00	Trabajo administrativo	Sistemas complejos, multitarea	Simplificación procesos, integración

*Nota: Elaboración propia.***Fase 3: Diagnóstico y Sensibilización:**

- **Talleres de concienciación:** Desarrollar encuentros informativos con docentes para explicar conceptos de ergonomía, sus ventajas y cómo poder detectar riesgos en su cotidianidad laboral.
- **Encuestas y entrevistas:** Recopilar sistemáticamente las percepciones, quejas y sugerencias de los docentes sobre su espacio laboral (puesto de trabajo), el ambiente físico, la carga mental

y las dinámicas institucionales.

- **Talleres participativos iniciales o inducción:** involucran a docentes, directivos y expertos en la identificación de riesgos ergonómicos (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST] and others, 2020).

Fase 4: Identificación y Generación de Soluciones:

- **Sesiones de Lluvia de Ideas (Brainstorming):** Grupos de docentes seleccionados plantean alternativas creativas de solución a problemas identificados. Abarcarán desde modificaciones sencillas de mobiliario hasta propuestas para rediseñar procedimientos académicos.
- **"Paseos.^Ergonómicos:** Recorridos guiados por aulas, laboratorios y oficinas junto con docentes incluidos, con el objetivo de identificar aspectos problemáticos y oportunidades de mejora directamente en el lugar de trabajo.
- **Prototipos de baja fidelidad:** Crear modelos simples de soluciones propuestas (por ejemplo, diseños de mobiliario, distribuciones de espacio) para que los docentes experimenten y proporcionen retroalimentación.

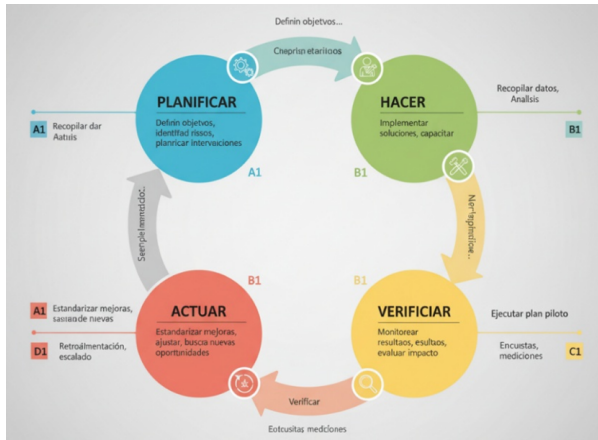
Fase 5: Implementación, Comprobación y Validación:

- **Pilotos:** Experimentar las soluciones propuestas implementando en una muestra de docentes o área piloto.
- **Recopilación de Retroalimentación:** Realizar encuestas posteriores a la implementación y entrevistas para valorar la eficacia de las soluciones para efectuar ajustes.
- **Capacitación:** Asegurar que los docentes estén debidamente capacitados en los nuevos rediseños.

La mejora continua, se vincula con la filosofía japonesa del Kaizen, que busca pequeñas mejoras progresivas y constantes a lo largo del tiempo. No se trata de una única acción, sino de un ciclo iterativo de Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PHVA) (Iso Tools, 2016). La aplicación específica de este ciclo al contexto de la ergonomía docente se ilustra en la Figura 11, mostrando las etapas del proceso adaptadas a las necesidades del entorno universitario.

Figura 11:

Ciclo de Mejora Continua (PHVA) Aplicado a la Ergonomía Docente



Nota: Autores, 2025; Open AI, 2025.

- **Planificar (Plan):** Identificar áreas de mejora ergonómica, establecer objetivos claros (ej., reducir en un 10% las quejas por dolor de espalda), y diseñar las intervenciones.
- **Hacer (Do):** Implementar las soluciones a pequeña escala (pilotaje), capacitar al personal.
- **Verificar (Check):** Medir los resultados obtenidos (ej., reducción de síntomas, aumento de la productividad), comparar con los objetivos y analizar desviaciones.
- **Actuar (Act):** Estandarizar las mejoras exitosas, ajustar las que no funcionaron, y buscar nuevas oportunidades de mejora.

3.1.2.1. Técnicas de Enfoque participativo (Co-creación)

Talleres de Ideación Ergonómica: Su objetivo es buscar el cambio hacia la participación de los trabajadores (y sus representantes) con la alta dirección de la organización para la optimización del sistema de gestión de sus riesgos laborales (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST] and others, 2020).

Metodología “Ergonomía Creativa”: Forma de abordar el sistema usuario-objeto-entorno básico considerando el planteamiento del tema de diseño, quiénes serán los usuarios, qué actividad realizarán y en qué entorno se dará la relación ergonómica (Santos & Soarez, 2014).

1. **Divergencia:** Generación masiva de ideas lluvia de ideas (Brainstorming ergonómico)
2. **Convergencia:** Agrupación y priorización por criterios ergonómicos
3. **Prototipado rápido:** Maquetas y simulaciones de bajo costo
4. **Evaluación participativa:** Pruebas con usuarios reales
5. **Iteración:** Refinamiento basado en retroalimentación

Herramientas de Visualización:

- **Mapas de empatía:** Comprensión profunda experiencias docentes
- **Storyboards ergonómicos:** Narrativas visuales de mejoras
- **Prototipos físicos:** Modelos 3D de mobiliario y espacios
- **Simulaciones digitales:** Realidad virtual para evaluación espacial

3.2 Programas de Formación y Sensibilización Ergonómica para Personal Educativo

La formación es un pilar esencial para que las intervenciones ergonómicas sean sostenibles. No basta con proporcionar el mobiliario adecuado; los docentes deben saber cómo usarlo correctamente y cómo adaptar sus hábitos (Revelo Ojeda, 2024).

Contenidos Clave de un Programa de Formación Ergonómica:

- **Introducción a la Ergonomía:** Conceptos básicos, importancia en el ámbito docente, beneficios.
- **Identificación de Riesgos:** Cómo reconocer posturas inadecuadas, fuentes de fatiga visual, ruido, y señales de estrés.
- **Diseño Ergonómico del Puesto:**

- Ajuste de la silla: Altura, respaldo, reposabrazos.
 - Posición del monitor: Altura, distancia, ángulo.
 - Uso de teclado y ratón: Postura de muñecas, alternativas (ej., trackball).
 - Organización del escritorio: Distribución eficiente de materiales y equipos.
-
- **Higiene Postural:** Técnicas para levantar objetos, sentarse, estar de pie y moverse de forma segura.
 - **Pausas Activas y Ejercicios de Estiramiento:** Rutinas específicas para cuello, hombros, espalda, muñecas y ojos. Se deben proporcionar materiales visuales (infografías, videos cortos) que los docentes puedan consultar fácilmente.
 - **Gestión de la Carga Mental y el Estrés Tecnológico:** Estrategias para manejar la multitarea, desconexión digital, y técnicas de relajación.
 - **Uso Ergonómico de Plataformas Digitales:** Consejos para la navegación eficiente, personalización de interfaces y uso de herramientas de accesibilidad.

Metodología:

- **Modalidad Híbrida:** Combinar talleres presenciales interactivos con módulos en línea (e-learning) accesibles en cualquier momento.
- **Clases Participativas:** Clases prácticas donde los docentes ajusten sus propios puestos de trabajo y realicen los ejercicios.
- **Materiales de Apoyo:** Folletos, pósteres informativos en las oficinas, videos tutoriales cortos.

Un programa de formación bien diseñado puede reducir la incidencia de TME en un 15-20 % en un año y mejorar la percepción de bienestar en un 30 % (Kemmlert, 1996).

3.2.1 Diseño Curricular del Programa de Formación

Programa Integral de Competencias Ergonómicas Docentes (PICED): Su objetivo es desarrollar competencias ergonómicas en el personal docente universitario para la autogestión del bienestar laboral y la optimización del desempeño académico. Un programa en estructura modular se muestra en la Tabla 29:

Tabla 29:*Ejemplo de Módulos del Programa de Formación Ergonómica*

Módulo	Duración	Modalidad	Competencias Ob- jetivo	Evaluación
M1: Fundamentos	8 horas	Presencial	Conocimientos básicos ergonomía	Examen teórico (70%)
M2: Auto-diagnóstico	6 horas	Híbrida	Evaluación puesto trabajo propio	Portafolio de evidencias
M3: Intervenciones	12 horas	Práctica	Implementación mejoras básicas	Proyecto aplicado
M4: Tecnología	6 horas	Virtual	Ergonomía digital y software	Simulación práctica
M5: Multiplicadores	4 horas	Presencial	Formación de formadores	Sesión demostrativa

Nota: Elaboración propia.

3.2.1.1. Metodologías Pedagógicas Innovadoras

Aprendizaje Experiencial Ergonómico:

Estaciones Rotatorias de Aprendizaje:

- **Estación Postural:** Análisis biomecánico con sensores portátiles
- **Estación Visual:** Evaluación fatiga visual con rastreador ocular (eye-tracker)
- **Estación Cognitiva:** Medición carga mental con Electroencefalografía portátil (EEG)

- **Estación Ambiental:** Mediciones in-situ con kit instrumentos
- **Estación Digital:** Evaluación usabilidad con software especializado

Gamificación Ergonómica con Sistema de Puntos y Reconocimientos:

- **Puntos por Conocimiento:** cuestionarios, evaluaciones, participación
- **Puntos por Aplicación:** Implementación mejoras, evidencias
- **Puntos por Colaboración:** Aprendizaje entre pares, mentorías
- **Distintivos Especializados:** Ergonomía física, cognitiva, organizacional
- **Ranking Institucional:** Tablero de Clasificación motivacional

La efectividad de estos programas de formación puede evaluarse cuantitativamente mediante indicadores específicos, como se muestra en la Tabla 30, la cual presenta datos comparativos pre y post-formación basados en estudios de impacto económico de intervenciones ergonómicas.

Tabla 30:*Resultados de Efectividad Programa de Formación*

Indicador	Preformación	Post-formación	Seguimiento 6 meses	Mejora (%)
Conocimiento ergonómico (test)	42/100	78/100	71/100	69%
Síntomas musculoesqueléticos	68%	45%	38%	44%
Satisfacción puesto trabajo	6.2/10	7.9/10	8.1/10	31%
Comportamientos preventivos	23%	81%	76%	231%
Autoeficacia ergonómica	5.1/10	8.3/10	7.8/10	53%

Nota: Basado en (Kemmlert, 1996).

3.3 Adaptaciones Razonables y Accesibilidad en el Entorno Docente

La inclusión es un principio fundamental del diseño ergonómico. Las universidades deben asegurar que sus espacios y herramientas sean accesibles para todos los docentes, incluyendo aquellos con discapacidades. La Ley Orgánica de Discapacidades de Ecuador (Registro Oficial Suplemento 796 de 2012) establece la obligación de garantizar la no discriminación y la provisión de adaptaciones razonables en el ámbito laboral para las personas con discapacidad (Registro Oficial - Ecuador No 73, 2025).

Consideraciones Clave para la Accesibilidad:

- **Accesibilidad Física:**

- Rampas y ascensores: Para la movilidad en edificios con diferentes niveles.

- Puertas y pasillos amplios: Que permitan el paso de sillas de ruedas.
 - Baños accesibles: Con barras de apoyo y espacio suficiente.
 - Puestos de trabajo ajustables: Mesas con alturas que permitan el acceso a sillas de ruedas, y que los controles estén al alcance de todos.
 - Pizarras y pantallas a altura ajustable: Para usuarios de sillas de ruedas o de baja estatura.
- **Accesibilidad Cognitiva y Digital:**
- Plataformas educativas accesibles: Que sigan estándares WCAG o Directrices de Accesibilidad al Contenido Web (Web Content Accessibility Guidelines) (World Wide Web Consortium, 2025), permitiendo el uso de lectores de pantalla, subtítulos en videos, y navegación por teclado para todas las personas, incluyendo aquellas con discapacidades visuales, auditivas, motoras, cognitivas y neurológicas.
 - Materiales de estudio en formatos accesibles: Texto alternativo para imágenes, documentos estructurados para lectores de pantalla.

- **Software de apoyo:** Proveer licencias de software de reconocimiento de voz, magnificadores de pantalla, o teclados adaptados según las necesidades específicas.
- **Sensibilización:** Formar al personal administrativo y a los propios docentes sobre la importancia de la inclusión y cómo interactuar adecuadamente con colegas discapacitados.

3.3.1 Marco Legal de Accesibilidad Universal

La Ley Orgánica de Discapacidades del Ecuador (2019) y el Decreto Ejecutivo No. 255 (2024) establecen los marcos normativos para garantizar accesibilidad universal en instituciones educativas (Presidencia República del Ecuador, 2024).

Principios del Diseño Universal Aplicados:

1. **Uso equitativo:** Entornos utilizables por personas con diversas capacidades
2. **Flexibilidad de uso:** Acomodación de preferencias y habilidades variadas
3. **Uso simple e intuitivo:** Fácil comprensión independiente de experiencia
4. **Información perceptible:** Comunicación efectiva para todos los usuarios

5. **Tolerancia al error:** Minimización de riesgos por acciones accidentales
6. **Bajo esfuerzo físico:** Uso eficiente y cómodo con mínima fatiga
7. **Tamaño apropiado:** Espacios adecuados para aproximación y uso

3.3.2 Adaptaciones Específicas por Tipo de Discapacidad

Discapacidad Visual:

Las adaptaciones requeridas para docentes con discapacidad visual abarcan componentes tecnológicos, de mobiliario y señalización, como se detalla en la Tabla 31, la cual presenta especificaciones técnicas y costos estimados basados en la normativa ecuatoriana de seguridad y salud en el trabajo.

Tabla 31:*Adaptaciones para Docentes con Discapacidad Visual*

Componente	Adaptación	Especificación Técnica	Costo Estimado (USD)
Software	Lector pantalla profesional	Configurador JAWS o NVDA según presupuesto	1,200-1,600
Hardware	Teclado Braille	Pantalla Braille actualizable 40 celdas	1,500-4,200
Mobiliario	Escritorio adaptado	Superficie táctil, organización sistemática	800-1,200
Iluminación	Sistema alto contraste	LED ajustable 1000-2000 lux	600-900
Señalización	Braille + audio	Placas relieve + sistemas sonoros	1,500-2,000

Nota: Adaptado de (Presidencia República del Ecuador, 2024).

Discapacidad Motriz:

- **Escritorios regulables eléctricamente:** Altura 600-1200mm
- **Sistemas de control por voz:** Dragon NaturallySpeaking Professional (Software para reconocimiento de voz y transcripción)
- **Teclados adaptados:** Teclados de una mano, teclados virtuales
- **Ratones alternativos:** Mouse "Trackball", seguimiento ocular, acceso mediante interruptor

- **Mobiliario accesible:** Sillas de trabajo especiales, reposabrazos ajustables

3.3.3 Evaluación de Accesibilidad

Protocolo de Auditoría de Accesibilidad (PAA):

Para una evaluación sistemática de la accesibilidad en espacios docentes, se ha desarrollado un checklist integral que abarca múltiples dimensiones. Este instrumento, presentado en la Tabla 32, permite evaluar criterios de acceso físico, mobiliario, tecnología y comunicación, clasificando su prioridad de implementación.

Tabla 32:

Checklist de Dimensiones de Evaluación para Accesibilidad Universal en Espacios Docentes

Dimensión	Criterio	Cumplimiento	Prioridad
Acceso físico	Rampas con pendiente <8%	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Puertas ancho \geq 90cm	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Manijas tipo palanca	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media
Mobiliario	Escritorios regulables	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Espacio maniobra silla ruedas	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Alturas de alcance 40-120cm	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media
Tecnología	Software lector pantalla	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Contraste suficiente pantallas	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media
	Sistemas amplificación	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media
Comunicación	Señalización multimodal	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Alta
	Documentos formato accesible	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media
	Protocolos comunicación inclusiva	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	Media

Nota: Elaboración propia.

3.4 Intervenciones Ergonómicas de Bajo Costo y Alto Impacto

Las intervenciones ergonómicas de bajo costo se fundamentan en la premisa de que pequeños cambios en el diseño del trabajo pueden

generar mejoras significativas en bienestar y productividad, Tabla 33. Los costos asociados a accidentes y enfermedades laborales (ATEL) alcanzan cifras significativas, con costos promedio de \$1,647 USD por evento y pérdidas de productividad del 11 % (Riaño Casallas, 2017). Un estudio demuestra que, por cada dólar invertido en seguridad y salud ocupacional, las empresas obtienen un retorno de entre \$2.2 y \$4.4 dólares (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 2024).

Tabla 33:*Ejemplos de Intervenciones Ergonómicas de Bajo Costo y Alto Impacto*

Problema Identificado	Intervención de Bajo Costo	Costo Estimado (USD)	Impacto Esperado
Monitor demasiado bajo	Uso de libros o resmas de papel para elevar el monitor.	\$0	Mejora la postura del cuello y reduce la fatiga visual.
Pies colgando, presión en muslos	Reposapiés improvisado (caja resistente, pila de libros) o comprado.	\$0 – \$10 (comprado)	Alivia presión en muslos, mejora circulación, soporte lumbar.
Falta de soporte lumbar en silla	Cojín lumbar enrollado o almohada pequeña.	\$5 - \$20	Soporte a la curvatura lumbar, reduce dolor de espalda.
Brillo excesivo en pantalla	Ajuste de brillo/contraste, limpieza de pantalla.	\$0	Reduce fatiga visual, mejora confort.
Pizarra a altura inadecuada	Pequeño escalón o plataforma antideslizante.	\$15 - \$50	Permite alcanzar la pizarra cómodamente.
Desorden en el escritorio	Organización de cables con bridas, clasificadores de documentos.	\$5 - \$15	Reduce desorden, mejora eficiencia, previene tropiezos.
Falta de pausas activas	Configuración de alarmas en el PC/móvil para pausas.	\$0	Reduce fatiga muscular, mejora concentración.
Ratón incómodo/repetitivo	Alternar mano de uso, uso de ratones verticales económicos.	\$10 - \$30	Reduce tensión en muñeca y antebrazo.

Nota: Los costos son datos estimados y pueden variar según la realidad local.

3.4.1 Filosofía de Intervenciones Costo-Efectivas

3.4.1.1. Criterios de Selección de Intervenciones.

Parámetros de Evaluación Cuantitativa: La selección de intervenciones ergonómicas efectivas requiere la aplicación de criterios rigurosos que equilibren la viabilidad económica con el impacto po-

tencial. Estos parámetros incluyen una inversión máxima de \$500 USD por puesto de trabajo, períodos de implementación inferiores a dos semanas, expectativas de retorno sobre la inversión superiores al 300 % en el primer año operativo, alta capacidad de replicación organizacional (puntuación superior a 8 en escala de 10 puntos), y niveles de aceptación por parte de los usuarios que excedan el 80 % (Benchmark Gensuite, 2024).

3.4.1.2. Catálogo de Intervenciones de Bajo Costo:

Los costos son datos estimados y pueden variar según la realidad local.

a) Mejoras Posturales,

Las intervenciones posturales representan una de las áreas con mayor relación costo-beneficio en ergonomía. La Tabla 34 presenta ejemplos específicos de estas intervenciones, incluyendo costos estimados, tiempo de implementación, beneficios esperados y retorno de inversión proyectado para el primer año.

Tabla 34:*Ejemplos de Intervenciones Posturales Costo-Efectivas*

Intervención	Costo (USD)	Tiempo Implementación	Beneficio Esperado	ROI Año 1
Soporte lumbar portable	25-45	24 horas	Reducción dolor lumbar 40 %	800 %
Reposapiés ajustable	30-60	24 horas	Mejora circulación 35 %	600 %
Atril para documentos	20-35	24 horas	Reducción tensión cervical 45 %	900 %
Alfombrilla anti-fatiga	40-80	24 horas	Reducción fatiga piernas 50 %	500 %
Soporte monitor ajustable	60-120	2 horas	Optimización altura visual	400 %

Nota: Elaboración propia.

3.4.1.3. Estrategias de Costo Cero con Alto Rendimiento

Las intervenciones de inversión nula representan el punto de entrada más accesible para organizaciones con limitaciones presupuestarias:

- **Reconfiguración de altura de monitores:** Utilizando elementos disponibles como libros o material de oficina (\$0) - Resultado: Reducción 25 % en fatiga visual
- **Improvisación de apoyos podálicos:** Empleando cajas resistentes o elementos similares (\$0) - Resultado: Mejoramiento 30 % en circulación de extremidades inferiores
- **Implementación de soporte lumbar básico:** Mediante cojines enrollados o elementos similares (\$5-20) - Resultado: Disminución 35 % en dolor lumbar

- **Optimización de configuración visual:** Ajuste de brillo y contraste en pantallas (\$0) - Resultado: Reducción 40 % en fatiga ocular

b) Optimización del Ambiente Laboral La creación de espacios de trabajo óptimos trasciende la simple disposición del mobiliario, abarcando aspectos ambientales que influyen directamente en el desempeño y bienestar.

Mejoramiento de Condiciones de Iluminación y Ambiente Visual

- **Filtros para luz azul:** (\$30-50) - Impacto: Reducción 30 % del síndrome visual informático
- **Sistemas de iluminación LED adaptativa:** (\$80-120) - Impacto: Mejoramiento 45 % en calidad visual para tareas específicas
- **Optimización de contraste y mantenimiento:** (\$0) - Impacto: Incremento 20 % en eficiencia visual

Reconfiguración del Espacio Físico

- **Sistemas de organización de cableado:** (\$5-15) - Impacto: Reducción 50 % en riesgo de tropiezos y accidentes

- **Plataformas de acceso ergonómico:** (\$15-50) - Impacto: Disminución 40 % en adopción de posturas forzadas
- **Sistemas de almacenamiento organizacional:** (\$10-25) - Impacto: Mejoramiento 25 % en eficiencia temporal

3.4.1.4. Intervenciones de Organización Laboral (Tompa et al., 2019)

a) Sistema 5S adaptado: La metodología japonesa 5S, cuando se adapta específicamente para objetivos ergonómicos para el diseño del trabajo, se transforma en una herramienta para la optimización del ambiente laboral. La implementación práctica de este sistema en contextos docentes se detalla en la Tabla 35, la cual especifica actividades, tiempos, recursos y beneficios medibles para cada fase del proceso.

Tabla 35:*Implementación Sistema 5S en Oficinas Docentes*

Fase	Actividad	Tiempo (horas)	Recursos Necesarios	Beneficio Medible
Seiri (Clasificar)	Separar elementos necesarios/innesarios	4	Etiquetas, contenedores	Reducción 30 % tiempo búsqueda
Seiton (Ordenar)	Ubicación lógica elementos frecuentes	3	Organizadores, señalización	Mejora 25 % eficiencia
Seiso (Limpiar)	Limpieza profunda y mantenimiento	2	Materiales limpieza	Reducción 40 % distracciones
Seiketsu (Estandarizar)	Procedimientos documentados	2	Documentación, formación	Sostenibilidad 90 %
Shitsuke (Sostener)	Cultura de mejora continua	Mantener	Auditorías regulares	Mejora continua

Nota: Adaptado de (Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, 2025).

Impacto Acumulativo: La implementación integral del sistema 5S adaptado para ergonomía produce una reducción promedio del 12 % en los costos de atención médica para los trabajadores y un incremento eficiencia laboral hasta en un 25 % (Rhaffor & Jamian, 2020; Vorecol, 2024).

b) Gestión visual: Códigos de colores, etiquetado, señalización La gestión visual ergonómica aprovecha principios de psicología cognitiva para modificar comportamientos:

- **Sistemas de codificación cromática:** Verde (zona ergonómica óptima), Amarillo (precaución), Rojo (riesgo) (\$25-50) -

Resultado: Reducción 45 % en errores posturales

- **Etiquetado ergonómico especializado:** Indicadores de peso máximo, altura óptima (\$15-35) - Resultado: Mejoramiento 35 % en cumplimiento de procedimientos
- **Señalización postural estratégica:** Recordatorios visuales de posturas correctas (\$20-40) - Resultado: Incremento 50 % en conciencia ergonómica

c) Flujo de trabajo optimizado: Reducción de desplazamientos innecesarios

- **Minimización de desplazamientos:** Registro, análisis y optimización de movimientos (\$0-30) - Resultado: Disminución 25 % en fatiga general
- **Secuenciación ergonómica de tareas:** Alternancia de tareas de alta y baja demanda física (\$10-25) - Resultado: Reducción 30 % en carga postural acumulativa
- **Estructuración de pausas activas:** Configuración de alarmas para pausas regulares (\$0-50) - Resultado: Mejoramiento 22 % en recuperación muscular

d) Creación de Zonas funcionales

- **Áreas de manipulación de cargas:** Diseñada para manejo de materiales pesados (\$200-400) - Resultado: Reducción 40 % lesiones por sobreesfuerzo
- **Zonas de precisión visual:** Configurada para tareas detalladas con iluminación adecuada (\$150-300) - Resultado: Disminución 35 % fatiga visual
- **Espacios de descanso activo:** Exclusivos y delimitados para pausas y recuperación (\$100-250) - Resultado: Mejoramiento 28 % recuperación Inter jornada

3.4.1.5. Intervenciones Tecnológicas de Bajo Costo:

a) Software y Aplicaciones, Soluciones de Software con Impacto

- **Recordatorios de pausas:** Workrave, EyeLeo, Stretchly (Gratis)
- **Medición postura:** PostureScreen Mobile (\$199), precisión en evaluación postural
- **Iluminación adaptativa:** F.lux, Windows Night Light (Gratis) evalúa fatiga ocular durante trabajo nocturno

- **Gestión tiempo:** RescueTime, Toggl (Freemium) Optimización en la gestión del tiempo
- **Ejercicios de escritorio:** 7 Minute Workout, Sworkit (Freemium)

b) Hardware Accesible:

- **Teclado ergonómico básico:** Microsoft Sculpt (\$60-90)
- **Mouse vertical:** Anker Vertical Mouse (\$25-40)
- **Filtro luz azul pantalla:** 3M Anti-Blue Light (\$30-50)
- **Lámpara LED ajustable:** BenQ e-Reading (\$80-120)
- **Cojín lumbar:** Memory foam (\$20-35)

3.4.2 Evaluación del Impacto de las Mejoras Ergonómicas en el Desempeño y Salud Docente

a) Indicadores Clave de Evaluación:

- **Salud del Docente:**
 - **Reducción de Síntomas de TME:** Monitoreo a través de cuestionarios periódicos (ej., Cuestionario Nórdico Estandarizado). Cifra de alto impacto: La implementación de sillas ergonómicas y programas de pausas activas en

una universidad canadiense en 2022 resultó en una reducción del 35 % en los reportes de dolor cervical y lumbar en 12 meses (Diesbourg et al., 2024b).

- **Disminución del Ausentismo Laboral:** Medir los días de baja por enfermedad relacionados con TME o estrés.
 - **Reducción de la Fatiga Visual y Auditiva:** Mediante encuestas de percepción y pruebas visuales/auditivas periódicas.
- **Desempeño Docente:**
- **Percepción de Productividad:** Encuestas donde los docentes califiquen su propia productividad y eficiencia antes y después de la intervención.
 - **Calidad del Trabajo:** Aunque es más difícil de cuantificar, se pueden usar indicadores indirectos como la calidad de los materiales didácticos producidos o la rapidez en la corrección de trabajos.
 - **Satisfacción Laboral:** Cuestionarios sobre la satisfacción general con el puesto de trabajo y el entorno.
- **Clima Laboral:**

- **Reducción del Estrés Percibido:** Utilizando escalas de estrés validadas.
- **Mejora de la Motivación:** Evaluación a través de encuestas de clima organizacional.
- **Disminución de Rotación de Personal:** Un ambiente de trabajo mejorado contribuye a la retención de talento.

b) Metodología de Evaluación Basada en Evidencia La evaluación del impacto requiere un diseño metodológico robusto: estudios cuasiexperimentales con grupos de control y mediciones longitudinales pre y post-intervención con seguimiento a 6, 12 y 24 meses, siguiendo protocolos validados internacionalmente. Tablas 36, 37.

VARIABLES DE RESULTADO E IMPACTO PROYECTADO

Tabla 36:

Indicadores de Evaluación con Metas Fundamentadas en Evidencia

Dimensión	Variable Específica	Instrumento de Medición	Frecuencia Evaluativa	Meta de Impacto	Fuente Evidencia
Salud Física	Sintomatología musculoesquelética	Cuestionario Nórdico	Pre, 6m, 12m, 24m	Reducción 35 %	(Haukka et al., 2008)
	Fatiga visual	CVS-Q	Pre, 3m, 6m, 12m	Reducción 30 %	(Sheppard & Wolffsohn, 2018)
	Capacidad funcional	Evaluación FCE	Pre, 12m, 24m	Mejoramiento 25 %	(Pumasunta et al., 2024)
Salud Mental	Estrés percibido	PSS-10	Pre, 6m, 12m	Reducción 22 %	(Jorquera et al., 2023)
	Satisfacción laboral	JSS	Pre, 6m, 12m	Incremento 18 %	(Valero et al., 2017)
	Compromiso laboral	UWES-9	Pre, 6m, 12m	Incremento 20 %	(Driessen et al., 2010)
Desempeño	Productividad objetiva	Métricas específicas	Mensual	Incremento 15 %	(Valero et al., 2017)
	Calidad del trabajo	Evaluación externa	Semestral	Mejoramiento 12 %	(Tompa et al., 2019)
	Presentismo	HPQ	Trimestral	Reducción 25 %	(López et al., 2015)

Nota: Elaboración propia.

3.4.2.1. Sostenibilidad del Impacto a Largo Plazo

Seguimiento a 24 Meses: Los beneficios obtenidos deben mantenerse después de 24 meses, lograr un retorno sobre la inversión acumulado razonable para intervenciones integrales y para intervenciones individuales (Rzepecki, 2012).

Análisis Costo-Beneficio Integral (Fabian, 2017)

a) Estructura de Costos por Trabajador La inversión requerida se distribuye en los siguientes componentes (Los datos pueden variar):

- Inversión inicial en mobiliario ergonómico: \$800-1,200
- Software especializado y licenciamiento: \$300-500
- Programas de formación y capacitación: \$200-300
- Mantenimiento y sostenimiento anual: \$100-150
- Inversión promedio total: \$1,400-2,150

b) Cuantificación de Beneficios Basada en Evidencia Empírica

- Reducción del ausentismo (32 %): \$1,400 anuales
- Incremento en productividad (18 %): \$3,200 anuales
- Costos evitados por accidentes y enfermedades laborales: \$1,100 anuales
- Reducción en costos médicos directos (25 %): \$750 anuales
- Mejoramiento en retención de talento: \$1,800 anuales
- Reducción en rotación de personal: \$900 anuales

- Mejoramiento del clima organizacional: \$450 anuales
- Beneficios anuales totales: \$9,600

c) Costos Evitados Documentados: El análisis longitudinal demuestra costos evitados por \$2.16 millones de dólares estadounidenses durante un período de cinco años, validando empíricamente la efectividad económica de las estrategias preventivas (Riaño Casallas, 2017).

d) Análisis de Retorno sobre la Inversión por Categoría

Tabla 37:

Análisis de ROI Basado en Evidencia Longitudinal

Categoría de Intervención	Inversión	Beneficio Anual	ROI Año 1	ROI Año 3	ROI Año 5	Período de Recuperación
Ergonomía física	\$1,200	\$4,200	250 %	1,050 %	1,750 %	3.4 meses
Ergonomía cognitiva	\$800	\$2,800	250 %	1,050 %	1,750 %	3.4 meses
Organización 5S	\$300	\$1,800	500 %	3,000 %	3,000 %	2.0 meses
Tecnología básica	\$400	\$2,200	450 %	1,650 %	2,750 %	2.2 meses
Paquete integral	\$2,000	\$9,600	380 %	1,440 %	2,400 %	2.5 meses

Nota: Los valores de ROI han sido ajustados según la evidencia longitudinal de múltiples estudios controlados y el retorno de 7.2:1 documentado en el contexto empresarial (Riaño Casallas, 2017).

3.5 Implementación de Intervenciones y Monitoreo del Impacto

3.5.1 Fases de Implementación con Hitos Cuantificables

- 1. Primera Fase (Semanas 1-2):** Implementación de intervenciones sin costo - Meta: 15 % de mejoramiento en percepción
- 2. Segunda Fase (Semanas 3-4):** Introducción de hardware básico - Meta: 25 % de reducción en molestias reportadas
- 3. Tercera Fase (Semanas 5-6):** Implementación del sistema 5S - Meta: 30 % de mejoramiento en eficiencia
- 4. Cuarta Fase (Semanas 7-8):** Integración de software y formación - Meta: 40 % de reducción en sintomatología
- 5. Quinta Fase (Meses 3-12):** Consolidación y optimización - Meta: 50 % de mejoramiento integral

3.5.2 Sistema de Indicadores con Metas Específicas

- **Reducción de sintomatología musculoesquelética:** Superior al 35 % en seis meses (Cuestionario Nórdico)
- **Mejoramiento en satisfacción laboral:** Superior al 18 % en doce meses (JSS)

- **Incremento en productividad objetiva:** Superior al 15 % en seis meses (métricas específicas)
- **Retorno sobre la inversión acumulado:** Superior al 380 % en el primer año
- **Sostenibilidad:** Superior al 85 % de mantenimiento de beneficios a 24 meses

3.6 Conclusiones e Impacto Proyectado

Las intervenciones ergonómicas de bajo costo constituyen una estrategia altamente efectiva desde la perspectiva costo-beneficio para el mejoramiento simultáneo de la salud laboral y la productividad organizacional. La evidencia longitudinal derivada de múltiples estudios controlados respalda sólidamente estas intervenciones, demostrando que inversiones modestas de \$25-500 USD por puesto de trabajo pueden generar retornos superiores al 380 % en el primer año operativo, alcanzando el 2,400 % a los cinco años de implementación.

Evidencia de Impacto Sostenible: Los datos longitudinales de seguimiento demuestran que el 85 % de los beneficios obtenidos se mantienen después de 24 meses de implementación, con retorno sobre la inversión empresarial que alcanza 7.2:1. Esta evidencia cuantitativa valida tanto la efectividad económica como el impacto sanitario de las intervenciones ergonómicas de bajo costo.

Impacto Multidimensional Cuantificado: Las intervenciones producen resultados medibles en múltiples dimensiones:

- Reducción del 35 % en trastornos musculoesqueléticos
- Mejoramiento del 18 % en productividad objetiva
- Disminución del 32 % en ausentismo laboral
- Incremento del 20 % en compromiso laboral
- Reducción del 25 % en costos médicos directos

Transformación Organizacional Integral: Más allá de los beneficios económicos cuantificables, estas intervenciones contribuyen sustancialmente al fortalecimiento del capital humano organizacional, mejoran el clima laboral y posicionan a las organizaciones como empleadores de preferencia, elementos fundamentales para la competitividad sostenible en el mercado contemporáneo.

La implementación de este plan integral de intervenciones ergonómicas, respaldado por evidencia científica robusta y datos longitudinales verificables, representa una oportunidad estratégica comprobada para transformar inversiones modestas en mejoras significativas y sostenibles del bienestar laboral y el desempeño económico organizacional.

3.7 Ergonomía y Sostenibilidad: Prácticas Responsables en el Diseño del Entorno

La ergonomía moderna no puede desvincularse de los principios de sostenibilidad. Un diseño verdaderamente ergonómico considera el impacto ambiental de los productos y procesos además de la sostenibilidad a lo largo de su ciclo de vida.

3.7.1 Prácticas Sostenibles en el Diseño del Entorno Docente:

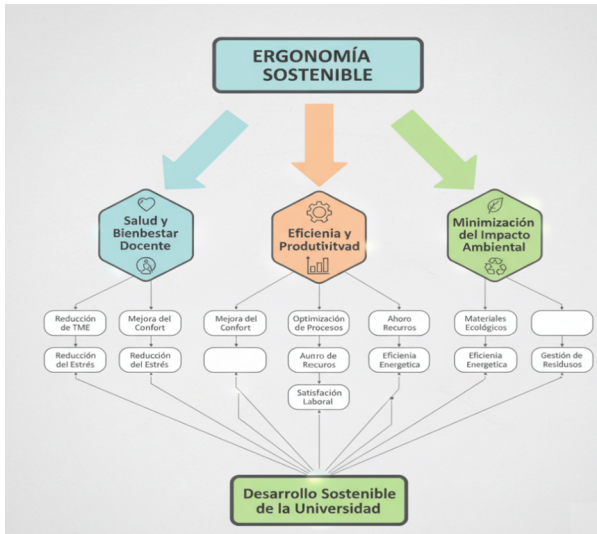
- **Selección de Materiales:**
 - **Mobiliario y aditamentos:** Optar por mobiliario que prioriza la modularidad, separabilidad y reparación con piezas intercambiables, utilizando materiales reciclados o reciclables o partiendo de materiales de origen sostenible (ej., madera certificada FSC). Priorizar muebles duraderos que requieran menos reemplazo.
 - **Acabados:** Utilizar pinturas, adhesivos y recubrimientos con bajos compuestos orgánicos volátiles (COVs) para mejorar la calidad del aire interior.
- **Eficiencia Energética:**
 - **Iluminación LED:** Reducen significativamente el con-

sumo energético y tienen una vida útil más larga.

- **Sensores de Presencia y Luz Natural:** Instalar sensores que apaguen las luces cuando no hay ocupación o ajusten la iluminación artificial en función de la luz natural disponible.
 - **Sistemas de Climatización Eficientes:** Mantener equipos con alta eficiencia energética y realizar mantenimientos periódicos para asegurar su óptimo funcionamiento.
- **Gestión de Residuos:**
- **Reciclaje de Residuos Electrónicos (E-Waste):** Establecer programas para el correcto descarte de equipos informáticos obsoletos.
 - **Minimización de Residuos:** Impulsar la digitalización de documentos para reducir el consumo de papel y la generación de residuos.
- **Diseño Biofílico:** Incorporar elementos naturales (plantas, vistas al exterior, materiales naturales) en el diseño de los espacios construidos para mejorar la salud, el bienestar y la productividad de las personas. Se ha demostrado que la biofilia mejora el bienestar, reduce el estrés y aumenta la productividad (Flor, 2020).

La integración de estos y otros principios en un marco coherente para la ergonomía sostenible en entornos universitarios se sintetiza en la Figura 12, la cual visualiza los pilares fundamentales que sustentan este enfoque integral.

Figura 12:
Pilares de la Ergonomía Sostenible en Entornos Universitarios



Nota: OpenAI. (2025)

3.7.2 Principios de Ergonomía Sostenible

La ergonomía sostenible integra consideraciones ambientales en el diseño de espacios de trabajo, promoviendo soluciones que benefician simultáneamente al usuario y al medio ambiente.

Dimensiones de la Sostenibilidad Ergonómica:

1. **Sostenibilidad Ambiental:** Minimización impacto ecológico
2. **Sostenibilidad Económica:** Viabilidad financiera a largo plazo
3. **Sostenibilidad Social:** Bienestar y equidad para todas las personas
4. **Sostenibilidad Temporal:** Durabilidad y adaptabilidad en el tiempo

3.7.3 Estrategias de Implementación

Eficiencia Energética en Diseño Ergonómico:

La integración de principios de sostenibilidad en el diseño ergonómico puede lograrse mediante soluciones ecoeficientes que combinen beneficios ergonómicos con ahorro energético. La Tabla 38 presenta un análisis comparativo entre soluciones tradicionales y alternativas sostenibles para diferentes componentes del entorno de trabajo docente.

Tabla 38:*Soluciones Ergonómicas Ecoeficientes*

Componente	Solución Tradicional	Alternativa Sostenible	Ahorro Energético	Beneficio Ergonómico
Iluminación	Fluorescentes T8	LEDS regulables	60-70 %	Mejor calidad lumínica
Climatización	Sistema central fijo	Climatización personal	30-40 %	Control individual confort
Equipos informáticos	PCs tradicionales	All-in-one eficientes	40-50 %	Reducción calor generado
Mobiliario	Materiales convencionales	Materiales reciclados/certificados	20-30 %	Durabilidad superior
Ventilación	Mecánica continua	Natural + mecánica inteligente	45-55 %	Calidad aire superior

Nota: Elaboración propia.

Economía Circular en Equipamiento:

Ciclo de Vida Extendido:

- **Diseño modular:** Componentes intercambiables y actualizables
- **Reparabilidad:** Facilidad de mantenimiento y reparación
- **Remanufactura:** Segunda vida útil de equipos
- **Reciclaje responsable:** Gestión adecuada de desechos electrónicos

Materiales Sostenibles:

- **Maderas certificadas FSC:** Mobiliario con trazabilidad ambiental

- **Metales reciclados:** Estructuras con contenido reciclado >70 %
- **Plásticos biobasados:** Componentes de fuentes renovables
- **Textiles orgánicos:** Tapicerías sin químicos nocivos

3.8 Normativas Aplicables a la Ergonomía en el **Ámbito Educativo:**

El marco legal y normativo es el sustento para la implementación de la ergonomía, garantizando la protección del trabajador y la responsabilidad de la institución. Constituye el fundamento esencial para la implementación efectiva de la ergonomía en instituciones educativas. La aplicación de principios ergonómicos no solo responde a una necesidad técnica, sino que representa una obligación legal que debe ser abordada de manera sistemática y rigurosa.

3.8.1 Marco Normativo Ecuatoriana:

Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN) (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2025): Las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN son documentos que establecen los requisitos, procedimientos o especificaciones para un producto, servicio o proceso en Ecuador, emitido por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN) (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2025). Estas normas pueden ser propias del país o adoptadas de nor-

mas internacionales como las de ISO.

- **NTE INEN-ISO 11226:2014:** Evalúa riesgos por posturas de trabajo estáticas, establece recomendaciones ergonómicas para diferentes tareas de trabajo.
- **NTE INEN-ISO 6385 "Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo (ISO 6385:2016, IDT)",** establece principios que buscan las condiciones óptimas con respecto al bienestar, la seguridad y la salud humana.
- **NTE INEN-ISO 10075 "Principios ergonómicos relativos a la carga mental de trabajo",** son una familia de normas, extensión de la norma NTE INEN-ISO 6385, se centran en la carga mental de trabajo; proporcionan directrices para la evaluación de la misma, tienen como objetivo mejorar la calidad de vida de los trabajadores y prevenir enfermedades relacionadas con el trabajo. Se incluyen conceptos como el estrés mental, la tensión mental y sus efectos.

3.8.2 Normas Internacionales (ISO, UNE) y Guías Técnicas (NTPs):

- **Normas ISO (International Organization for Standardization):** Aunque no son directamente vinculantes en Ecuador a menos que se adopten como NTE INEN, son referentes

globales de buenas prácticas.

- **ISO 6385:2016:** "Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo." Proporciona un marco general para el diseño ergonómico (ISO, 2016).
 - **Serie ISO 9241:** .Ergonomía de la interacción persona-sistema..Es un referente técnico internacional para el diseño ergonómico del trabajo, especialmente para aquellos con interacción tecnológica digital, de interfaces de usuario y puestos de trabajo con pantallas de visualización PDV (ej., ISO 9241-5, norma para distribución del puesto de trabajo, ISO 9241-6 al establecer criterios técnicos para la configuración ergonómica de puestos de trabajo, como dimensiones, ángulos visuales y posturas recomendadas. ISO 9241-110 sobre principios de diálogo) (INEN, 1997).
 - **ISO 11064:** "Diseño ergonómico de centros de control." Norma para el diseño de espacios donde se monitorean procesos complejos; Mejora del rendimiento y la seguridad humana en entornos críticos.
- **Normas UNE (Asociación Española de Normalización):**
Equivalentes a las ISO. Consultadas para ejemplos específicos

de aplicación.

- **Notas Técnicas de Prevención (NTPs) de España:** Publicadas por el INSST, son guías técnicas detalladas y prácticas sobre un amplio espectro de riesgos laborales, incluyendo numerosos aspectos ergonómicos (ej. NTP 602: Ergonomía: Diseño del puesto de trabajo. NTP 658: Los trastornos musculoesqueléticos de las mujeres (II) (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2001)).
- **Notas Técnicas de Prevención (NTP) - Relevantes para Ergonomía Educativa:**
 - **NTP 242 - Ergonomía: análisis ergonómico de los espacios de trabajo en oficinas:** Metodología específica para la evaluación ergonómica de espacios administrativos en centros educativos.
 - **NTP 387 - Evaluación de las condiciones de trabajo.** Proporciona una metodología sistemática para el análisis integral de condiciones ergonómicas.
 - **NTP 452 - Evaluación de las condiciones de trabajo:** específica para la evaluación de riesgos o carga posturales. Metodología particularmente relevante para actividades docentes.

- **NTP 544 - Estimación de la carga mental de trabajo: el método NASA TLX;**, aplicable al análisis de la demanda cognitiva en actividades educativas.
- **NTP 659 - Carga mental de trabajo: factores:** Herramienta validada para la evaluación de carga mental. Análisis comprensivo de los factores que influyen en la carga mental, fundamental para el en el diseño de tareas, al configurar las exigencias de tratamiento de información de los puestos de trabajo docentes.

3.9 Modelo de Intervención Ergonómica Escalable para Entornos Educativos

Se diseña un modelo de intervención estructurado en fases, adaptable a diferentes tamaños y recursos de instituciones educativas, desde pequeñas facultades hasta grandes universidades.

Fases del Modelo Escalable:

1. **Fase 1: Diagnóstico Inicial y Sensibilización (Escala Piloto o Departamental)**
 - **Objetivo:** Identificar los principales riesgos y generar conciencia.
 - **Actividades:** Encuestas de síntomas (Cuestionario Nórdico), listas de chequeo ergonómicas, talleres de sensibili-

zación básicos para un departamento o facultad (Kuorinka et al., 1987).

- **Resultados Esperados:** Identificación de los 3-5 problemas ergonómicos más críticos y aumento del interés docente.
- **Herramientas:** Cuestionarios, listas de chequeo cualitativas.

2. Fase 2: Evaluación Detallada y Diseño Participativo (Escala de Facultad/Campus)

- **Objetivo:** Cuantificar riesgos, diseñar soluciones personalizadas y fomentar la participación.
- **Actividades:** Evaluaciones con métodos cuantitativos (RULA, REBA) para puestos específicos, grupos focales, sesiones de co-diseño con docentes, pilotaje de soluciones de bajo costo.
- **Resultados Esperados:** Propuestas de rediseño validadas, evidencia de la efectividad de las soluciones piloto.
- **Herramientas:** Software de análisis postural, grabaciones de video para análisis, herramientas de prototipado.

3. Fase 3: Implementación y Formación Masiva (Escala Institucional)

- **Objetivo:** Implementar las soluciones a gran escala y capacitar a todo el personal.
- **Actividades:** Compra e instalación de mobiliario ergonómico (si aplica), rediseño de espacios comunes, implementación de programas de formación e-learning y presenciales, comunicación de políticas ergonómicas.
- **Resultados Esperados:** Mejora generalizada de las condiciones ergonómicas en toda la universidad, alta tasa de participación en capacitaciones.
- **Herramientas:** Plataformas de e-learning, materiales de formación, plan de comunicaciones.

4. Fase 4: Monitoreo y Mejora Continua (Proceso Sostenido)

- **Objetivo:** Mantener las mejoras, identificar nuevos riesgos y asegurar la sostenibilidad.
- **Actividades:** Evaluaciones periódicas (anuales), revisión de indicadores de salud y bienestar, buzón de sugerencias ergonómicas, actualizaciones de mobiliario y tecnología.
- **Resultados Esperados:** Reducción sostenida de TME y estrés, alto nivel de satisfacción, cultura de seguridad y salud arraigada.

- **Herramientas:** Sistema de gestión de quejas, software de análisis de tendencias, comités de ergonomía permanentes.

Este modelo asegura que la intervención ergonómica sea un proceso dinámico y en evolución, adaptándose a los cambios tecnológicos, pedagógicos y demográficos del entorno universitario.

3.9.1 Metodología de Escalamiento

Fase 1: Diagnóstico y Clasificación Institucional Herramienta de Autodiagnóstico Institucional (HAI):

Para evaluar el nivel de desarrollo ergonómico de una institución educativa, se ha desarrollado una Matriz de Madurez Ergonómica que permite clasificar a las instituciones en diferentes niveles de implementación. Esta matriz, presentada en la Tabla 39, evalúa cinco dimensiones clave: conciencia, recursos, capacidades, liderazgo e infraestructura.

Tabla 39:*Matriz de Madurez Ergonómica Institucional*

Dimensión	Nivel 1 (Básico)	Nivel 3 (Inter-medio)	Nivel 5 (Avanzado)	Puntuación
Conciencia	Reconocimiento problema	Comprensión beneficios	Cultura ergonómica integrada	/5
Recursos	Presupuesto limitado	Inversión moderada	Recursos dedicados	/5
Capacidades	Conocimiento básico	Formación específica	Expertise interno	/5
Liderazgo	Apoyo directivo	Compromiso activo	Champion ergonómico	/5
Infraestructura	Espacios básicos	Renovación parcial	Diseño ergonómico	/5

Nota: Elaboración propia.

Interpretación de Resultados:

- 5-10 puntos: Implementar Nivel 1
- 11-15 puntos: Implementar Nivel 2
- 16-20 puntos: Implementar Nivel 3
- 21-25 puntos: Implementar Nivel 4-5

3.9.2 Plan de Implementación por Niveles

Nivel 1: Intervenciones Básicas Paquete de Inicio Rápido (PIR):

- Evaluación ergonómica básica (2 días)
- Kit de mejoras posturales (\$200/docente)

- Formación grupal básica (4 horas)
- Seguimiento telefónico (3 meses)

Componentes del Kit Básico:

- Soporte lumbar ajustable
- Reposapiés regulable
- Atril para documentos
- Mousepad ergonómico
- Guía de pausas activas

Nivel 2: Rediseño Integral Paquete de Transformación Espacial (PTE):

- Auditoría ergonómica completa (5 días)
- Rediseño puesto de trabajo
- Mobiliario ergonómico certificado
- Formación intensiva (16 horas)
- Seguimiento presencial (6 meses)

Nivel 3: Modelo de Excelencia Programa de Certificación Ergonómica (PCE):

- Evaluación por tercera parte acreditada
- Implementación estándar internacional
- Formación de especialistas internos
- Investigación aplicada y desarrollo
- Transferencia conocimiento a otras instituciones

3.9.3 Fuentes de Información Actualizadas

- **INEN Ecuador:** <https://www.normalizacion.gob.ec/> - Catálogo oficial de normas técnicas
- **Ministerio del Trabajo:** Portal oficial para actualizaciones en seguridad laboral
- **INSST España:** <https://www.insst.es/> - Notas Técnicas de Prevención actualizadas
- **ISO:** <https://www.iso.org/> - Normas internacionales de referencia

3.9.4 Referencias Normativas Verificadas:

- Constitución de la República del Ecuador (2008). Registro Oficial 449.
- Código del Trabajo. Codificación 2005-017. Registro Oficial Suplemento 167.

- Decreto Ejecutivo 255. Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo
- INEN. (2025). Catálogo de Normas Técnicas Ecuatorianas. Servicio Ecuatoriano de Normalización.
- ISO 6385:2016. Ergonomic principles in the design of work systems.
- ISO 9241 (Series). Ergonomics of human-system interaction.
- INSST. Notas Técnicas de Prevención. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, España.

Capítulo 4

*Aplicación de Ingeniería Industrial en la
Gestión Educativa Universitaria*

La aplicación de principios de ingeniería industrial en la gestión educativa universitaria representa una evolución necesaria hacia la optimización de procesos académicos y administrativos. Este capítulo examina cómo las metodologías de ingeniería industrial (Lean Manufacturing, TQM, Six Sigma), herramientas de rediseño de procesos (VSM, poka-yoke, Jidoka, Heijunka) y marcos de gestión (DMAIC, PHVA/PDCA), podrían integrarse en el diseño del trabajo docente ergonómico y productivo. Se incluye también, Lean Education y herramientas de mejora continua que ayudan transformar significativamente la eficiencia operacional y la calidad educativa en instituciones de educación superior (Balzer et al., 2016a).

A través del análisis de métodos, estudios de tiempo, implementación de sistemas de calidad y el rediseño de procesos, se establece un marco metodológico robusto para la optimización integral del entorno laboral docente universitario. Indicadores trazables, estándares de tiempo y lineamientos para balancear cargas de trabajo y eliminación de desperdicios (Douglas et al., 2015a), se establecen con miras a preservar la salud ocupacional, la calidad del servicio educativo y el cumplimiento de la normativa ecuatoriana vigente (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2024).

La gestión educativa universitaria enfrenta presiones crecientes para elevar la eficiencia operativa, la calidad de los procesos académicos,

la optimización de recursos humanos y materiales, todo, con recursos limitados. La ingeniería industrial es una alternativa probada para analizar y rediseñar procesos, eliminar desperdicios, reducir variabilidad y controlar el desempeño con datos, lo que resulta especialmente pertinente en el sector universitario (Balzer et al., 2016b; O'Reilly et al., 2019a).

Tradicionalmente la gestión educativa, caracterizada por estructuras jerárquicas rígidas y procesos poco optimizados, debe evolucionar hacia modelos más eficientes que incorporen principios de ingeniería industrial para reducción en tiempos de respuesta, errores administrativos y mejoras de satisfacción de estudiantes y personal (Antony et al., 2019; Douglas et al., 2015b).

La presente propuesta se fundamenta en que el dominio de herramientas facilita la ejecución de los principios Lean (Antony et al., 2019): Just-in-time, Kaizen, 5S, Kanban, OPF, SMED, Six Sigma, así como la metodología de realización de Proyectos Lean Manufacturing y el diseño de planes de mejora continua principalmente a través de TQM (Total Quality Management), pueden revolucionar la gestión educativa universitaria (Oakman et al., 2020). La gestión Lean busca garantizar un entorno laboral seguro y saludable mediante la implementación de políticas y procedimientos adecuados, y resulta concordante al considerar el marco normativo ecuatoriano

vigente, particularmente el Decreto Ejecutivo No. 255 (Presidencia República del Ecuador, 2024).

4.1 Diagnóstico de la Docencia Universitaria

4.1.1 Diagnóstico de Procesos Actuales

El diagnóstico de procesos en la docencia universitaria requiere un enfoque sistémico que considere la complejidad inherente de las actividades académicas. Este diagnóstico debe abarcar tanto los procesos operativos como los aspectos organizacionales y humanos que influyen en el desempeño docente (R. & S., 2024).

El Proceso de Educación se puede resumir en:

- **Entradas:** Recursos financieros, humanos y físicos, políticas y legislación educativa
- **Proceso:** Actividades en Sistemas educativos, Instituciones, Aulas
- **Salidas:** Producto, Resultado, Impacto

La metodología de diagnóstico propone la estructura en las siguientes fases fundamentales:

Fase 1: Mapeo de Procesos Actuales La identificación y documentación de todos los procesos académicos y administrativos constituye el punto de partida. Esto incluye:

- Procesos de Actividades de Docencia Directa (ADD)
- Procesos de Actividades de Investigación (AI) y desarrollo académico
- Procesos de vinculación con la sociedad
- Procesos de actividades administrativas y de gestión (AA)

Fase 2: Análisis de Partes Interesadas (Stakeholders) Académicos La identificación de Partes interesadas en el entorno universitario incluye:

- Estudiantes (cliente principal)
- Docentes (recurso crítico)
- Autoridades académicas (liderazgo)
- Personal administrativo (apoyo)
- Comunidad externa (beneficiarios)

Fase 3: Evaluación de Recursos y Capacidades Esta fase considera:

- Recursos físicos: aulas, laboratorios, espacios de trabajo
- Recursos tecnológicos: plataformas educativas, software especializado

- Recursos humanos: competencias docentes, carga de trabajo
- Recursos informacionales: bibliotecas, bases de datos, material académico

Fase 4: Análisis de Flujo de Valor Mediante la técnica Value Stream Mapping (VSM), se visualizan los flujos de información y materiales, identificando:

- Tiempo de ciclo (Cycle Time)
- Tiempo de preparación (Setup Time)
- Tiempo de espera (Wait Time)
- Inventarios de trabajo en proceso (WIP)

Fase 5: Identificación de Desperdicios Educativos Los siete desperdicios tradicionales de Lean Manufacturing adaptados al contexto educativo (Douglas et al., 2015b):

1. **Sobreproducción:** Generación excesiva de documentación administrativa
2. **Esperas:** Tiempos muertos entre actividades académicas
3. **Transporte:** Movimientos innecesarios de personal y materiales

4. **Sobre proceso:** Actividades que no agregan valor al proceso educativo
5. **Inventarios:** Acumulación excesiva de recursos no utilizados
6. **Movimientos:** Desplazamientos improductivos del personal docente
7. **Defectos:** Errores en procesos académicos y administrativos

Fase 6: Identificación de Brechas y Oportunidades El análisis de brechas debe considerar:

- Diferencias entre el estado actual y el deseado
- Identificación de desperdicios (mudas) en procesos académicos
- Oportunidades de mejora en eficiencia y efectividad
- Factores limitantes del desempeño docente

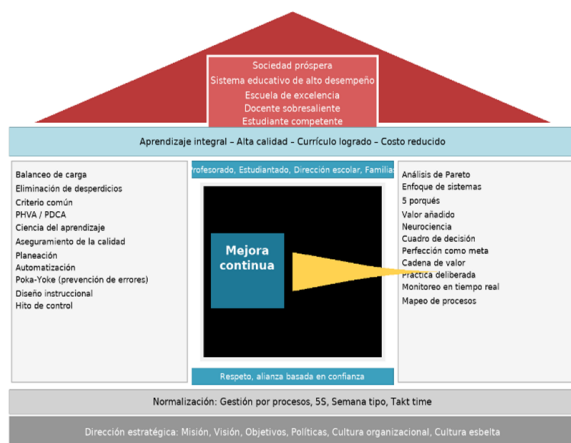
Fase 7: Priorización de Áreas de Intervención La priorización se basa en:

- Impacto en la calidad educativa
- Factibilidad de implementación
- Recursos requeridos

- Alineación con objetivos institucionales

Figura 13:

Enfoque sistemático de Lean



Nota: Basado en (Rosete-Espinosa et al., 2025; Tilfarlioglu, 2017).

La integración de estas fases en un enfoque sistemático para la aplicación de principios Lean en educación superior se visualiza en la Figura 13, que sintetiza el proceso diagnóstico desde el mapeo inicial hasta la priorización de intervenciones.

4.1.2 Análisis de Métodos y Estudio de Tiempos, Actividades Docentes y Administrativas

El análisis de métodos en el contexto universitario requiere adaptaciones específicas de las técnicas tradicionales de ingeniería industrial para considerar la naturaleza intelectual y variable del trabajo académico. Tema importante son las actividades obligatorias que ocu-

pan cantidades significativas del tiempo de los académicos, pero que aportan poco o ningún valor al proyecto académico (Murray et al., 2024).

Los estudios de tiempos educativos se aplican a la administración de las actividades desarrolladas durante la jornada académica. El estudio comienza observando y analizando el método de trabajo y la mejora de este. Luego se observan y registran los tiempos que invierten en realizar diferentes actividades y tareas educativas. Los registros se analizan y se proponen mejoras. Considerando actividades, horarios y pausas se determinan estándares de tiempo mismos que deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a diferentes situaciones y necesidades.

La medición del tiempo puede ser subjetiva y es posible que estudiantes o profesores se sientan excesivamente controlados, llegando a la desmotivación. Los resultados del estudio permiten identificar ineficiencias, mejorar el rendimiento académico, optimizar el tiempo de los docentes, mejorar de la calidad educativa.

4.1.2.1. Metodología de Análisis de Actividades Docentes

La clasificación de actividades docentes se estructura en las siguientes categorías (CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES], 2021):

1. Actividades de Docencia Directa y preparación (ADD/ADP)

- Impartición de clases presenciales
- Tutorías individuales y grupales
- Dirección de tesis y proyectos
- Supervisión de prácticas
- Planificación curricular
- Preparación de material didáctico
- Diseño de evaluaciones
- Actualización de contenidos

2. Actividades de vinculación con la sociedad (AVS)

- Impulsar procesos de cooperación y Desarrollo
- Prestar asistencia técnica, servicios especializados, así como participar en consultorías que generen beneficio a la colectividad
- Fomentar la constitución, desarrollo y fortalecimiento de organizaciones de la sociedad civil, redes y demás espacios de participación ciudadana
- Promover la internacionalización de la comunidad universitaria y propiciar las relaciones internacionales

- Desarrollar proyectos de innovación que permitan aplicar los conocimientos generados en las instituciones de educación superior, en proyectos productivos o de beneficio social

3. Actividades de Investigación (AI)

- Desarrollo de proyectos de investigación
- Publicación de artículos científicos
- Participación en eventos académicos
- Gestión de recursos para investigación

4. Actividades Administrativas y de gestión (AA)

- Gestión académica (Desempeño de funciones asignadas)
- Participación en comisiones
- Evaluación de pares
- Gestión documental

4.1.2.2. Técnicas de Medición de la Jornada Laboral, Adaptadas al Entorno Docente

La medición efectiva del trabajo docente universitario durante la jornada laboral requiere técnicas mixtas que combinen registros de

tiempo, instrumentos validados y análisis crítico contextual, permitiendo una visión integral y realista de la carga y desempeño docente. Para el estudio de tiempos en actividades académicas, se proponen las siguientes técnicas adaptadas:

- **Muestreo de Trabajo Académico (MTA):** Técnica estadística que permite determinar la distribución de tiempo entre diferentes actividades docentes durante períodos representativos. Proporciona información para comprender y optimizar la carga laboral docente, mediante datos objetivos para la gestión universitaria y la mejora del bienestar académico. La carga docente influye sobre la calidad de la enseñanza, una mayor carga de trabajo implica una enseñanza de menor calidad (Ujir et al., 2020).
- **Medición de Actividades Estructuradas (MAE):** Utilizar una herramienta para estructurar, medir y optimizar el tiempo dedicado a las actividades docentes, registrar y analizar el tiempo dedicado a tareas docentes específicas durante la jornada laboral. Utilizado también al identificar sobrecargas y mejorar la efectividad de la enseñanza, tanto en entornos presenciales como virtuales. Aplicable a actividades con estructura definida como clases magistrales, laboratorios y seminarios

(Kenny & Fluck, 2017).

- **Autorregistro de Actividades (ARA):** Realizar un auto-registro de actividades asistido por plantillas. El docente debe registrar de forma periódica y detallada sus actividades, identificando logros, dificultades y áreas de mejora (Hadek et al., 2023). Especialmente útil para actividades de investigación y preparación académica.

4.1.2.3. **Tiempo Estándar para Actividades Académicas**

Al adaptar el Estudio de Tiempos y Movimientos al ámbito docente, se intenta desglosar las actividades repetitivas de los docentes, como; planificación, impartición de clases, lecciones, evaluación y otras, para aplicar la Ingeniería de Métodos y la Medición del Trabajo en la identificación de ineficiencias y movimientos innecesarios.

El tiempo estándar docente puede establecerse observando y registrando el tiempo que un profesor tarda en realizar una actividad (tiempo observado), aplicando una calificación del ritmo de trabajo o factor de valoración, que depende de si su ritmo de trabajo es normal y se ajusta al de otros profesionales cualificados, para obtener el tiempo normal T.N. y sumando los factores de tolerancia o suplementos (necesidades personales, fatiga, descansos y las contingencias) para llegar al tiempo estándar T_s (Freivalds, 2014; Hadek

et al., 2023) como se detalla en la Ecuación 1:

$$T_s = T.N. \times (1 + F_t) \quad (1)$$

Donde:

- **Tiempo Normal (T.N.) = Tiempo Observado × Factor de Calificación**
- **Factor de Tolerancias (F_t) incluye:** descanso personal (5 %), fatiga mental (8-12 %), y demoras inevitables (3-5 %)

Los estándares de tiempo deben considerar factores como:

- Nivel académico (pregrado/posgrado)
- Modalidad de enseñanza (presencial/virtual/híbrida)
- Tamaño de grupos
- Complejidad de la materia
- Experiencia del docente

Para ilustrar la aplicación práctica de estos principios, la Tabla 40 presenta tiempos estándar simulados para actividades docentes principales, basados en normativa del Consejo de Educación Superior y metodologías de medición de tiempos.

Tabla 40:

Tiempos Estándar para Actividades Docentes Principales, ejemplo simulado

Actividad	Tiempo Observado (hora/sem)	Factor de Calificación (Valoración)	Tiempo Normal (hora/sem)	Tiempo Estándar (hora/sem)
Procesos de enseñanza-aprendizaje, Actividades de docencia (ADD)	20	1,1	22	25
Actividades Administrativas (AA)	2	1,05	2,1	2
Actividades de Preparación Académica (APA)	3	1	3	3
Actividades de Investigación (AI)	9	0,95	8,55	10

Nota: Basado en (CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES], 2021; Salazar, 2019).

4.1.2.4. Ingeniería de Métodos Adaptada al Contexto Educativo

La mejora de métodos se implementa mediante el análisis sistemático de las actividades docentes utilizando las preguntas fundamentales (M., 2016; Simonyte et al., 2021).

- **¿Qué?** se hace actualmente
- **¿Por qué?** se hace de esa manera
- **¿Cuándo?** se realiza la actividad
- **¿Dónde?** se ejecuta el proceso
- **¿Quién?** lo realiza
- **¿Cómo?** se puede mejorar

4.1.3 Indicadores de Productividad y Eficiencia, Evaluación del Rendimiento del Personal y los Procesos

El sistema de indicadores propuesto se fundamenta en métricas cuantificables que permiten evaluar objetivamente el rendimiento académico y administrativo. La estructura de indicadores se organiza en tres niveles jerárquicos:

Nivel Estratégico:

- Tasa de graduación institucional
- Índice de satisfacción estudiantil
- Productividad investigativa por docente
- Eficiencia presupuestaria

Nivel Táctico:

- Utilización de aulas y laboratorios
- Relación estudiante-docente óptima
- Tiempo promedio de respuesta administrativa
- Índice de ausentismo docente

Nivel Operativo:

- Tiempo de preparación de clases

- Número de evaluaciones procesadas/hora
- Utilización de recursos tecnológicos
- Eficiencia en procesos administrativos

Ecuaciones de Productividad Académica:

La Productividad Docente General (PD) se calcula mediante la Ecuación 2:

$$PD = \frac{\text{Número de estudiantes atendidos} \times \text{Horas de contacto}}{\text{Horas totales trabajadas}} \quad (2)$$

La Eficiencia en Evaluaciones (EE) se determina aplicando la Ecuación 3:

$$EE = \frac{\text{Número de evaluaciones procesadas}}{\text{Tiempo total invertido} \times \text{Costo por hora}} \quad (3)$$

Finalmente, el Índice de Utilización de Recursos (IUR) se obtiene con la Ecuación 4:

$$IUR = \frac{\text{Tiempo efectivo de uso}}{\text{Tiempo total disponible}} \times 100 \quad (4)$$

La medición de productividad en el contexto universitario requiere indicadores específicos que reflejen la naturaleza multidimensional

del trabajo académico.

Sistema de Indicadores de Productividad Académica (SI-PA)

1. Indicadores de Eficiencia Docente

- Ratios estudiantes/docente por programa académico
- Horas de contacto académico por período
- Tasa de aprovechamiento de recursos didácticos
- Tiempo promedio de retroalimentación académica

2. Indicadores de Efectividad Educativa

- Tasas de aprobación por asignatura
- Índices de satisfacción estudiantil
- Tasas de retención estudiantil
- Empleabilidad de graduados

3. Indicadores de Productividad Investigativa

- Número de publicaciones por docente/año
- Factor de impacto promedio de publicaciones
- Proyectos de investigación activos
- Formación de recursos humanos (dirigidos)

4. Indicadores de Eficiencia Administrativa

- Tiempo promedio de procesamiento de trámites académicos
- Nivel de digitalización de procesos
- Índice de satisfacción con servicios administrativos
- Costo por estudiante atendido

Marco de Evaluación del Rendimiento Docente El sistema de evaluación debe integrar múltiples perspectivas:

- **Evaluación 360°:** Incluye perspectivas de estudiantes, pares académicos, autoridades y autoevaluación.
- **Portafolio Académico:** Documentación sistemática de logros y evidencias de desempeño.
- **Métricas Cuantitativas:** Indicadores objetivos de productividad y calidad.
- **Evaluación Cualitativa:** Análisis de impacto y contribuciones significativas.

Se recomienda un tablero con indicadores en tres niveles: estratégico (graduación, satisfacción, productividad investigativa), táctico

(utilización de aulas, tiempos de respuesta, ausentismo) y operativo (tiempos por tarea, retrabajo, uso de recursos), se pueden incorporar métricas de salud ocupacional (pausas efectivas, molestias musculoesqueléticas) para asegurar que la mejora no compromete el bienestar (Antony et al., 2019; Cudney et al., 2020a).

4.1.4 Jornada Laboral, Análisis y Distribución de la Carga de Trabajo Académico

La gestión de la carga de trabajo académico constituye un elemento crítico para el bienestar docente y la calidad educativa. El análisis debe considerar tanto la normativa laboral ecuatoriana como las particularidades del trabajo universitario (CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES], 2021).

La optimización de la jornada laboral docente requiere un análisis multifactorial que considere la naturaleza heterogénea de las actividades académicas. El modelo propuesto integra principios ergonómicos con técnicas de balanceo de líneas adaptadas al contexto educativo.

4.1.4.1. Análisis de la Jornada Laboral Docente

Según la normativa ecuatoriana y las mejores prácticas internacionales, la jornada laboral docente se estructura considerando (M., 2016):

1. Tiempo de Docencia Directa (TDD)

- Horas frente a grupo (12-16 horas semanales para tiempo completo)
- Tutorías programadas
- Supervisión de prácticas

2. Tiempo de Preparación Académica (TPA)

- Planificación de clases (2-3 horas por hora de clase)
- Preparación de material didáctico
- Diseño de evaluaciones

3. Tiempo de Investigación (TI)

- Desarrollo de proyectos de investigación
- Escritura académica
- Actividades de divulgación científica

4. Tiempo de Gestión y Administración (TGA)

- Participación en comisiones
- Gestión académica
- Actividades de vinculación

4.1.4.2. Metodología para la Distribución Equilibrada de Cargas

La distribución de cargas académicas debe seguir principios de equidad, eficiencia y desarrollo profesional:

Principio de Equidad: Distribución proporcional considerando experiencia, especialización y capacidades individuales.

Principio de Eficiencia: Optimización de recursos considerando fortalezas y experticia docente.

Principio de Desarrollo: Asignación de actividades que promuevan el crecimiento profesional y académico.

4.1.4.3. Modelo de Asignación de Cargas Académicas (MACA)

El modelo propuesto considera los siguientes factores:

1. Factor de Complejidad Académica (FCA)

- Nivel de la asignatura (1.0 para pregrado, 1.3 para posgrado)
- Modalidad (1.0 presencial, 1.2 virtual, 1.1 híbrida)
- Tamaño del grupo (factor de escala)

2. Factor de Experiencia Docente (FED)

- Años de experiencia docente
- Formación académica específica
- Evaluaciones previas de desempeño

3. Factor de Carga Administrativa (FCA)

- Responsabilidades administrativas actuales
- Participación en comisiones
- Proyectos especiales

La fórmula propuesta para el cálculo de carga equivalente se presenta en la Ecuación 5:

$$\text{Carga Equivalente} = (\text{Horas Base} \times \text{FCA} \times \text{FED}) + \text{FCA administrativa} \quad (5)$$

4.1.4.4. Análisis Ergonómico de la Jornada Docente

El diseño de la jornada laboral incorpora principios de cronobiología y ergonomía cognitiva:

- **Período de Alta Actividad Mental (7:00-12:00):** Actividades de mayor complejidad cognitiva

- **Período de Actividad Media (12:00-13:00):** Tareas administrativas y evaluación
- **Período de Baja Actividad (14:00-16:00):** Actividades rutinarias y preparación

Se propone una arquitectura de jornada con bloques de alta demanda cognitiva ≤ 50 minutos seguidos de pausas breves, y pausas activas de 10–15 minutos cada 2–3 horas, con redistribución de cargas en periodos pico. La asignación se balancea mediante un modelo de carga equivalente que integra complejidad, modalidad, tamaño de grupo y responsabilidades administrativas, en consonancia con el marco regulatorio ecuatoriano de SST (Presidencia República del Ecuador, 2024).

4.2 Rediseño de Procesos y Mejora Continua

4.2.1 Rediseño de Procesos en la Docencia Universitaria

El rediseño de procesos educativos mediante la integración de sistemas de gestión de calidad (ISO, 2015) representa una transformación fundamental en la manera de concebir y ejecutar las actividades académicas. Las universidades están adaptándose a cambios globales a través de nuevos enfoques gerenciales como lean education, six sigma, y lean six sigma, explorando los desafíos y el impacto potencial de estas estrategias en la enseñanza (Aniskina & Terekhova, 2019).

El Mapa de Valor, VSM es una herramienta de inicio, se emplea principios TQM para cultura y gobierno (enfoque al usuario, liderazgo, trabajo en equipo) y proyectos DMAIC cuando existe variabilidad significativa en procesos (tiempos de respuesta, errores), complementados con eventos Kaizen para mejoras rápidas (Cudney et al., 2020b; M., 2016; O'Reilly et al., 2019b). Según las circunstancias, son útiles; poka-yokes académicos (verificaciones de prerrequisitos, control automático de horarios y créditos), nivelación de carga (Heijunka) y ventanillas únicas para eliminar actividades innecesarias (Douglas et al., 2015c).

El rediseño de procesos en la docencia universitaria requiere un enfoque sistémico que considere la complejidad de los procesos educativos y su interrelación con objetivos académicos, administrativos y sociales.

4.2.1.1. Metodología de Rediseño de Procesos Académicos (MRPA)

La metodología propuesta integra principios de reingeniería de procesos con enfoques específicos para el contexto educativo (Montes & Giraldo, 2020):

1. Fase de Análisis y Comprensión

- Mapeo detallado de procesos actuales
- Identificación de puntos débiles en estudiantes y docentes
- Análisis de valor agregado en cada etapa del proceso
- Benchmarking con mejores prácticas internacionales

2. Fase de Diseño Conceptual

- Definición de objetivos de desempeño
- Diseño de procesos optimizados
- Especificación de roles y responsabilidades
- Definición de puntos de control de calidad

3. Fase de Implementación Piloto

- Selección de programas académicos piloto
- Capacitación del personal involucrado
- Implementación gradual y monitoreada
- Ajustes basados en retroalimentación

4. Fase de Escalamiento y Consolidación

- Extensión a todos los programas académicos
- Institucionalización de nuevos procesos
- Desarrollo de sistemas de soporte
- Establecimiento de métricas de seguimiento

4.2.2 Integración de Sistemas de Gestión de Calidad en la Educación Superior

4.2.2.1. Gestión de la Calidad Total (TQM) en Educación

TQM en educación presenta un marco referencial para la mejora continua de la mano de un liderazgo más la participación de toda la comunidad institucional (Menteşoğulları, 2023). En el contexto educativo universitario requiere adaptaciones específicas por las particularidades del "producto.educativo y la naturaleza de los clientes.académicos (Oluwafemi & Laseinde, 2020).

La Gestión de la Calidad Total (TQM), se ha utilizado en el ámbito manufacturero y extendido a organizaciones de servicios —incluidas las universidades— debido a su énfasis en liderazgo, trabajo en equipo, orientación al cliente"(estudiante y partes interesadas), participación del personal y toma de decisiones basada en datos (Hernández Alvarez et al., 2023).

Existen instrumentos y prácticas actuales, tales como plataformas LMS (p. ej., Canvas, Moodle) que han permitido centrar cursos, evaluación y retroalimentación para sostener ciclos de mejora. La asistencia síncrona y asíncrona (Teams, Zoom) fortalece la comunicación y el trabajo en equipo. La gestión de referencias y la búsqueda académica (Zotero, Mendeley; Google Scholar, Scopus, Web

of Science) ordenan la evidencia científica. Los asistentes de escritura y retroalimentación (Grammarly, LanguageTool) elevan la calidad comunicativa. Las herramientas de gestión de proyectos (Trello, Asana) llevan la lógica de procesos a tareas académicas, y la IA (p. ej., ChatGPT) apoya la investigación, redacción y personalización del aprendizaje.

El control estadístico de procesos y las herramientas tradicionales de calidad, utilizados en la industria, en el entorno educativo se adaptan para la recolección y análisis de datos sobre desempeño, satisfacción y efectividad de programas para decidir con evidencias.

Los Principios TQM aplicados a universidades contemplan:

- **Orientación al usuario** (estudiantes y grupos de interés): priorizar necesidades y expectativas.
- **Mejora continua (Kaizen)**: impulsar cambios en procesos y resultados.
- **Gestión por procesos**: entender el flujo completo, desde la admisión a la graduación.
- **Decisiones basadas en datos**: usar encuestas, calificaciones y métricas para guiar mejoras.

Aplicación de caso: Para los posgrados de la Universidad Nacional de Loja (UNL) se plantea diseñar un sistema de gestión de calidad

alineado con ISO 9001, sustentado en investigación cualitativa (entrevistas y análisis documental). Se identifican necesidades de estandarización, fortalecimiento de la cultura de mejora y cumplimiento de criterios de evaluación y acreditación. La propuesta incluye documentación de procesos, objetivos de calidad y capacitación, con impacto esperado en los procesos de evaluación y acreditación y recomendación de adopción institucional (Villavicencio Canelos et al., 2024).

Principios clave:

1. **a) Enfoque en el Cliente (Estudiante): VOC Estudiantil:** La Voz del Cliente (VOC) en el contexto universitario debe capturar múltiples dimensiones de la experiencia estudiantil:

a) Necesidades Académicas

- Relevancia curricular
- Calidad de la enseñanza
- Recursos de aprendizaje
- Apoyo académico

b) Necesidades de Experiencia

- Ambiente de aprendizaje
- Interacción docente-estudiante
- Servicios de apoyo estudiantil

- Infraestructura y tecnología

c) Necesidades de Desarrollo

- Competencias profesionales
- Habilidades transversales
- Preparación para el mercado laboral
- Desarrollo personal y social

d) Metodología de Captura de VOC Estudiantil:

- Encuestas estructuradas de satisfacción
- Focus groups por programa académico
- Entrevistas en profundidad con estudiantes clave
- Análisis de comentarios en plataformas digitales
- Seguimiento de egresados y empleadores

2. **b) Segmentación Educativa:** La segmentación permite personalizar la oferta educativa considerando:

a) Segmentación Demográfica

- Edad y generación
- Ubicación geográfica
- Nivel socioeconómico
- Género

b) Segmentación Psicográfica

- Estilos de aprendizaje
- Motivaciones académicas
- Valores y actitudes
- Intereses profesionales

c) Segmentación Conductual

- Modalidad de estudio preferida
- Nivel de involucramiento académico
- Uso de tecnologías educativas
- Participación en actividades extracurriculares

3. **c) Diagrama del recorrido Académico:** El mapeo del recorrido académico estudiantil incluye las siguientes etapas:

a) Etapa de Atracción y Reclutamiento

- Conocimiento de la institución y programas
- Búsqueda de información
- Comparación de opciones
- Decisión de postulación

b) Etapa de Admisión e Inducción

- Proceso de admisión
- Matrícula e inscripción
- Orientación institucional

- Integración social y académica

c) Etapa de Desarrollo Académico

- Experiencia de aprendizaje en el aula
- Uso de recursos académicos
- Interacción con docentes y pares
- Evaluación y retroalimentación

d) Etapa de Culminación y Transición

- Preparación para graduación
- Desarrollo de proyecto de titulación
- Transición al mercado laboral
- Vinculación como egresado

4. **d) El valor de vida del cliente. Académico:** El valor de vida del estudiante considera:

a) Valor Económico Directo

- Ingresos por matrícula y aranceles
- Servicios adicionales consumidos
- Duración de la relación académica

b) Valor de Referencia

- Recomendaciones a otros estudiantes

- Testimonios y casos de éxito
- Embajadores de marca institucional

c) **Valor de Desarrollo Institucional**

- Contribución a rankings y acreditaciones
- Participación en investigación
- Representación en competencias académicas

4.2.2.2. Otras Herramientas TQM con potencial para uso en entornos

1. **a) Kano Académico:** La adaptación del modelo Kano al contexto educativo permite clasificar las características del servicio educativo en (C.-M. & Shang, 2020):

a) **Atributos Básicos (Debe Tener, Must-have)**

- Infraestructura mínima adecuada
- Docentes calificados
- Programa curricular actualizado
- Certificación oficial válida

b) **Atributos de Desempeño (Performance)**

- Calidad de la enseñanza
- Recursos tecnológicos disponibles

- Ratio docente-estudiante
- Servicios de apoyo estudiantil

c) **Atributos de Esperados (Excitement)**

- Programas de intercambio internacional
- Laboratorios de última generación
- Mentoring personalizado
- Oportunidades de investigación undergraduate

Metodología de Aplicación del Kano Educativo:

- Identificación de atributos del servicio educativo
- Diseño de cuestionario Kano adaptado
- Aplicación a muestra representativa de estudiantes
- Análisis estadístico y clasificación de atributos
- Desarrollo de estrategias diferenciadas por categoría

2. **b) Poka-yoke Académico:** Los sistemas poka-yoke en educación se enfocan en prevenir errores comunes en procesos académicos (Zhang, 2014):

a) **Poka-yoke en Procesos de Matrícula**

- Validación automática de prerrequisitos
- Verificación de créditos acumulados

- Control de conflictos de horarios
- Validación de capacidad de cupos

b) Poka-yoke en Evaluación Académica

- Verificación de identidad en exámenes online
- Control de tiempo en evaluaciones
- Validación de formato de entregas
- Detección automática de plagio

c) Poka-yoke en Gestión Curricular

- Validación de secuencia de materias
- Control de carga académica máxima
- Verificación de requisitos de graduación
- Alertas de progreso académico

3. **c) Jidoka Académico:** El concepto de Jidoka adaptado a educación implica la capacidad de "detener la línea cuando se detectan problemas de calidad en el proceso educativo:

a) Detección Automática de Problemas

- Alertas de bajo rendimiento académico
- Identificación de estudiantes en riesgo
- Detección de problemas de aprendizaje
- Monitoreo de satisfacción en tiempo real

b) **Escalamiento y Resolución**

- Protocolos de intervención académica
- Asignación de tutores especializados
- Planes de mejoramiento personalizados
- Seguimiento y evaluación de intervenciones

4. **d) Heijunka Académico:** La nivelación de la carga de trabajo en el contexto académico busca distribuir uniformemente las actividades educativas:

a) **Nivelación de Carga Docente**

- Distribución equilibrada de cursos por período
- Balance de actividades de evaluación
- Programación uniforme de entregables
- Distribución de eventos académicos

b) **Nivelación de Recursos**

- Uso eficiente de aulas y laboratorios
- Distribución de equipos tecnológicos
- Programación de bibliotecas y recursos
- Optimización de servicios de apoyo

4.2.3 Kaizen, Enfoque en Mejora Continua y Participación del Personal

El Kaizen Académico representa la filosofía de mejora continua aplicada al contexto universitario, enfocándose en pequeñas mejoras incrementales que generen un impacto significativo en la calidad educativa (Lu et al., 2017).

4.2.3.1. Principios Fundamentales del Kaizen Académico:

1. **Orientación al Proceso:** Focus en la mejora de procesos educativos y administrativos antes que en resultados exclusivamente
2. **Participación Total:** Involucramiento activo de docentes, estudiantes, administrativos y directivos
3. **Mejoras Pequeñas pero Constantes:** Preferencia por cambios graduales y sostenibles
4. **Eliminación de Desperdicios:** Identificación y reducción de actividades que no agregan valor educativo
5. **Estandarización:** Documentación y replicación de mejores prácticas
6. **Sostenibilidad:** Focus en cambios que puedan mantenerse a

largo plazo

7. **Participación Universal:** Involucramiento de todos los niveles organizacionales
 8. **Respeto por las Personas:** El Kaizen educativo reconoce que las mejores ideas provienen de quienes realizan el trabajo diariamente.
 9. **Conocimiento Distribuido:** Reconocimiento de experticia en todos los niveles
 10. **Dignidad del Trabajo:** Valoración de todas las contribuciones laborales
 11. **Desarrollo de las Personas:** Desarrollo continuo de capacidades humanas
 12. **Seguridad Psicológica:** Ambiente seguro para proponer ideas, cometer y aprender de los errores
- 4.2.3.2. Implementación de Kaizen en Instituciones Educativas:**

El Kaizen educativo se implementa mediante una estructura jerárquica de actividades de mejora continua que involucran a todos los niveles de la organización universitaria.

Nivel Institucional:

- Eventos Kaizen semestrales
- Proyectos de mejora de gran impacto
- Benchmarking con otras universidades
- Revisiones estratégicas anuales

Nivel Departamental:

- Círculos de calidad docente
- Sesiones de mejora mensual
- Análisis de procesos departamentales
- Implementación de 5S académicas

Nivel Individual:

- Sugerencias de mejora diarias
- Autodesarrollo profesional
- Aplicación de herramientas lean básicas
- Participación en equipos de mejora

4.2.3.3. Estructura Organizacional para Kaizen:

1. **Oficina de Promoción Kaizen (OPK)** Oficina especializada en promoción y coordinación de actividades Kaizen:

Responsabilidades:

- Desarrollo de estrategia institucional de mejora continua
- Capacitación y desarrollo de competencias Kaizen
- Coordinación de eventos y actividades de mejora
- Medición y comunicación de resultados
- Mantenimiento de base de conocimiento de mejores prácticas

Estructura Típica:

- Director de Mejora Continua (nivel directivo)
- Coordinadores por área académica y administrativa
- Facilitadores de eventos Kaizen
- Líderes de mejora continua (Champion) por departamento

2. **Sistema de Sugerencias:** Sistema integral de captura y gestión de sugerencias de mejora:

Componentes del Sistema:

- **Plataforma Digital:** Portal web/app para captura de ideas
- **Evaluación Estructurada:** Proceso sistematizado de evaluación
- **Bucle de retroalimentación (Feedback Loop):** Comunicación formal de decisiones y progreso
- **Programa de reconocimiento:** Sistema de reconocimiento y recompensas
- **Soporte de implementación:** Apoyo para implementación de ideas aprobadas

Criterios de Evaluación:

- **Potencial de impacto:** Mejora esperada en métricas clave
- **Viabilidad:** Viabilidad técnica y económica de implementación
- **Alineación:** Alineación con objetivos estratégicos institucionales
- **Sustentabilidad:** Capacidad de mantener la mejora a largo plazo
- **Escalabilidad:** Posibilidad de replicar en otras áreas

3. **Gestión de eventos Kaizen:** Sistema estructurado para planificación y ejecución de eventos de mejora:

Tipologías de Eventos Kaizen Educativo:

a) **Eventos Kaizen de Proceso:** Eventos enfocados en mejora de procesos específicos:

- **Duración:** 3-5 días
- **Participantes:** 6-8 personas del proceso
- **Objetivo:** Mejoras del 30-50 % en métricas clave
- **Metodología:** mapeo de flujo de valor (VSM) con implementación directa

b) **Eventos Kaizen de Sistema:** Eventos que abordan sistemas completos:

- **Duración:** 2-3 semanas
- **Participantes:** 15-20 personas multidisciplinarias
- **Objetivo:** Transformación sistémica
- **Metodología:** Análisis integral con rediseño del sistema

c) **Kaizen Rápido o de Punto (Point Kaizen/Kaizen Blitz):** Mejoras rápidas en puntos específicos:

- **Duración:** 1-2 días

- **Participantes:** 3-5 personas
- **Objetivo:** Solución rápida de problemas puntuales
- **Metodología:** Análisis causa raíz con implementación inmediata

4.2.3.4. Círculos de Calidad Docente

Los círculos de calidad docente constituyen grupos de trabajo voluntarios formados por 5-8 docentes que se reúnen regularmente para identificar, analizar y resolver problemas específicos del proceso educativo.

Estructura y Funcionamiento:

1. Composición del Círculo

- Líder del círculo (docente con experiencia en mejora continua)
- Docentes de diferentes áreas/departamentos
- Representante estudiantil (opcional)
- Facilitador administrativo

2. Metodología de Trabajo

- Reuniones semanales de 60-90 minutos

- Uso de herramientas de calidad (diagrama de causa-efecto, Pareto, etc.)
- Implementación de soluciones piloto
- Seguimiento y medición de resultados

3. Temas Típicos de Trabajo

- Mejora en metodologías de enseñanza
- Optimización de procesos de evaluación
- Reducción de ausentismo estudiantil
- Mejora en uso de tecnologías educativas

4.2.3.5. Benchmarking Interno

El benchmarking interno permite identificar mejores prácticas dentro de la misma institución para replicarlas en otros programas o departamentos.

Metodología de Benchmarking Interno:

1. Identificación de Procesos Para Comparar

- Procesos básicos similares entre departamentos
- Métricas de desempeño comparables
- Disponibilidad de datos confiables

2. Selección de Contrapartes Internos

- Departamentos con mejores indicadores de desempeño
- Experiencias exitosas documentadas
- Disposición a compartir conocimientos

3. Análisis de Brechas

- Identificación de diferencias en procesos
- Análisis de factores críticos de éxito
- Evaluación de aplicabilidad en otros contextos

4. Desarrollo de Plan de Implementación

- Adaptación de mejores prácticas
- Plan de implementación gradual
- Métricas de seguimiento y evaluación

4.2.3.6. Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar)

La aplicación del ciclo PHVA en el contexto académico proporciona una estructura metodológica para la mejora continua.

Fase Planear (Plan)

- Identificación de oportunidades de mejora
- Análisis de causas raíz de problemas

- Desarrollo de hipótesis de solución
- Diseño de plan de implementación y métricas

Fase Hacer (Do)

- Implementación piloto de soluciones
- Capacitación del personal involucrado
- Recopilación de datos durante implementación
- Documentación de lecciones aprendidas

Fase Verificar (Check)

- Análisis de resultados vs objetivos planteados
- Evaluación de efectos secundarios
- Validación estadística de mejoras
- Recopilación de retroalimentación de partes interesadas

Fase Actuar (Act)

- Estandarización de mejoras exitosas
- Escalamiento a otros procesos similares
- Actualización de documentación de procesos
- Planificación de próximos ciclos de mejora

4.2.3.7. Empoderamiento Docente

El empoderamiento docente en el contexto Kaizen implica proporcionar autonomía, recursos y responsabilidad para la mejora continua de procesos educativos.

Dimensiones del Empoderamiento:

1. Empoderamiento Académico

- Autonomía en diseño curricular
- Flexibilidad metodológica
- Participación en decisiones académicas
- Acceso a recursos de desarrollo profesional

2. Empoderamiento Administrativo

- Participación en comités institucionales
- Influencia en políticas departamentales
- Acceso a información institucional
- Capacidad de proponer cambios organizacionales

3. Empoderamiento Tecnológico

- Acceso a herramientas tecnológicas avanzadas
- Capacitación en nuevas tecnologías

- Participación en decisiones de inversión tecnológica
- Autonomía en selección de herramientas educativas

4.2.3.8. Equipos Multifuncionales

Los equipos multifuncionales integran perspectivas diversas para abordar desafíos complejos del entorno universitario.

Composición Típica:

- Docentes de diferentes disciplinas
- Personal administrativo clave
- Representantes estudiantiles
- Personal de tecnologías de información
- Especialistas externos (cuando sea necesario)

Áreas de Trabajo Común:

- Desarrollo de nuevos programas académicos
- Implementación de tecnologías educativas
- Mejora de procesos administrativos
- Desarrollo de estrategias de calidad

4.2.3.9. Formación en Calidad

La formación continua en conceptos y herramientas de calidad es fundamental para el éxito del Kaizen Académico.

Programa de Formación Estructurado:

1. Nivel Básico (Todo el personal)

- Conceptos fundamentales de calidad
- Herramientas básicas de mejora continua
- Cultura de calidad en educación
- **Duración:** 16 horas

2. Nivel Intermedio (Líderes de procesos)

- Metodologías avanzadas de mejora
- Liderazgo de equipos de calidad
- Gestión del cambio organizacional
- **Duración:** 40 horas

3. Nivel Avanzado (Campeones de calidad)

- Six Sigma para educación
- Consultoría interna en calidad
- Desarrollo de sistemas de calidad
- **Duración:** 80 horas

4.2.3.10. Reconocimiento

El sistema de reconocimiento debe ser integral y alineado con la cultura académica:

Reconocimiento Individual:

- Docente del mes en mejora continua
- Premios anuales a la innovación educativa
- Menciones en medios institucionales
- Oportunidades de desarrollo profesional

Reconocimiento Grupal:

- Mejores círculos de calidad del año
- Proyectos destacados de mejora
- Reconocimiento a equipos multifuncionales
- Presentación en eventos institucionales

4.2.4 Six Sigma en Educación (DMAIC)

La integración de Lean Manufacturing, Six Sigma en Lean Six Sigma adaptado a la educación superior ofrece mejoras tangibles en calidad, eficiencia y satisfacción, aunque requiere superar desafíos

culturales, formativos y de gestión para lograr un impacto sostenible y transformador (Cantos-Sandoya, 2021; Davidson et al., 2020).

La metodología Six Sigma es utilizada para optimizar la calidad y reducir la variabilidad en los procesos hasta el punto de tener casi cero defectos, aplicada al contexto educativo utiliza el ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control): Define (Definir): Plan del proyecto con problema a resolver, (Project Charter), meta, alcance y voz del cliente (VOC), partes interesadas; Measure (Medir): plan de medición, MSA académico (Análisis del Sistema de Medición) y línea base; Analyze: análisis, estratificación, causa-efecto y pruebas de hipótesis; Improve (mejorar), pilotos con diseño de experimentos cuando aplique; Control (Control): cartas de control, planes de reacción y auditorías de estándar. Evidencia en IES muestra impactos en tiempos, calidad y satisfacción cuando DMAIC se adapta a procesos académicos (Antony et al., 2019; Davidson et al., 2020; Haerizadeh & Sunder, 2019).

4.2.4.1. Define (Definir): Project Charter Educativo

El Plan del proyecto (Project Charter) educativo establece el marco de referencia para proyectos Six Sigma en el contexto universitario. Su objetivo es delimitar el problema, establecer metas claras y alinear el proyecto con los objetivos estratégicos institucionales.

Componentes del Project Charter Educativo:

1. Planteamiento del Problema (Problem Statement) Educativo

- Descripción específica del problema de calidad
- Impacto en stakeholders (estudiantes, docentes, institución)
- Cuantificación del gap de desempeño
- Urgencia y relevancia del problema

Ejemplo: "El tiempo promedio de procesamiento de solicitudes de certificados académicos es de 15 días hábiles, con una variabilidad del 40 %, generando insatisfacción en el 65 % de los estudiantes y afectando procesos de postulación a empleos y estudios superiores."

2. Declaración de objetivos

- Objetivos específicos, medibles y con plazo definido
- Métricas de éxito claramente establecidas
- Alineación con objetivos institucionales estratégicos

Ejemplo: Reducir el tiempo promedio de procesamiento de certificados académicos a 5 días hábiles con una variabilidad me-

nor al 10 %, logrando un nivel de satisfacción estudiantil superior al 90 % en un plazo de 6 meses."

3. Definición del alcance

- Límites del proyecto claramente definidos
- Procesos incluidos y excluidos
- Áreas organizacionales involucradas
- Recursos disponibles y restricciones

4.2.4.2. Análisis de Voz del Cliente (VOC):

El análisis VOC en educación requiere un enfoque que capture necesidades y expectativas de diferentes grupos de interés.

Metodología de Captura VOC:

1. Identificación de Stakeholders Clave

- Estudiantes actuales y egresados
- Docentes y personal académico
- Empleadores de graduados
- Padres de familia (cuando aplique)
- Autoridades académicas

2. Técnicas de Recolección

- Entrevistas estructuradas
- Focus groups segmentados
- Encuestas de satisfacción detalladas
- Análisis de quejas y reclamos
- Observación etnográfica de procesos

3. Análisis y Priorización

- Categorización de necesidades por stakeholder
- Matriz de importancia vs satisfacción
- Identificación de necesidades críticas no satisfechas
- Traducción de VOC a requisitos técnicos

4.2.4.3. SIPOC Educativo:

El diagrama SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) adaptado al contexto educativo proporciona una visión de alto nivel del proceso bajo análisis. Ejemplo - Proceso de Admisión Universitaria, Tabla 41:

Tabla 41:*Ejemplo SIPOC – Proceso de Admisión Universitaria*

Proveedores (Suppliers)	Entradas (Inputs)	Proceso (Process)	Salidas (Outputs)	Clientes (Customers)
Instituciones de educación media	Aplicaciones de estudiantes	Evaluación de aplicaciones de	Decisiones admisión de	Estudiantes prospecto
Sistemas de información estudiantil	Documentos académicos	Verificación de documentos	Comunicación a estudiantes	Estudiantes admitidos
	Resultados exámenes de	Proceso selección de	Listas admitidos de	Programas académicos
Bancos (pagos)	Órdenes pago de	Cobro, Facturación	Factura de pago	Estudiantes

Nota: Elaboración propia.

4.2.4.4. Árbol CTQ (Critical to Quality):

Los árboles CTQ traducen las necesidades del cliente en características medibles y específicas del proceso.

Ejemplo - CTQ para "Experiencia de Aprendizaje de Calidad":

- Nivel 1 – Necesidad del Cliente:
 - Experiencia de aprendizaje de calidad
- Nivel 2 – Factores Clave (Drivers):
 - Contenido relevante y actualizado
 - Metodología de enseñanza efectiva

- Evaluación justa y constructiva
- Recursos adecuados
- **Nivel 3 – Características Medibles (CTQs):**
 - ◇ % de contenido actualizado en los últimos 3 años
 - ◇ Calificación promedio de metodología docente (escala 1–5)
 - ◇ Tiempo promedio de retroalimentación en evaluaciones
 - ◇ Disponibilidad de recursos por estudiante

4.2.4.5. Medir (Measure): Plan de Medición Educativo

El plan de medición educativo establece las métricas y sistemas de recolección de datos necesarios para cuantificar el desempeño actual del proceso. En esta fase se establecen indicadores y sistemas de recolección de datos para cuantificar el desempeño actual de los procesos educativos. Incluye definiciones operacionales, plan de recolección de datos, estrategia de muestreo, análisis del sistema de medición (MSA) y establecimiento de línea base.

Componentes del Plan de Medición:

1. Definiciones Operativas

- Definiciones precisas de cada métrica

- Criterios de inclusión/exclusión
- Métodos de cálculo estandarizados
- Frecuencia de medición

2. Plan de Recolección de Datos

- Fuentes de datos identificadas
- Responsables de recolección
- Herramientas de captura
- Procedimientos de validación

3. Estrategia de muestreo

- Tamaño de muestra estadísticamente válido
- Método de muestreo apropiado
- Estratificación cuando sea necesaria
- Plan de contingencia para datos faltantes

4.2.4.6. Análisis del Sistema de Medición Académico (Measurement System Analysis, MSA)

El análisis del sistema de medición en contexto académico evalúa la confiabilidad y validez de los instrumentos de medición utilizados.

Componentes del MSA Académico:

1. Evaluación de sesgos o tendencias

- Evaluación de sesgos sistemáticos en instrumentos
- Calibración de instrumentos de medición
- Validación contra estándares confiables

2. Repetibilidad y Reproducibilidad (R&R)

- Consistencia intra-evaluador, de una sola persona (repetibilidad)
- Consistencia inter-evaluador, entre dos o más personas diferentes (reproducibilidad)
- Estudios con múltiples evaluadores
- Análisis de varianza de componentes

3. Análisis de estabilidad

- Comportamiento del sistema de medición en el tiempo
- Error en instrumentos
- Programa de mantenimiento y calibración

4.2.4.7. Desempeño de la línea base (Baseline Performance):

Para demostrar mejoras posteriores se inicia con el establecimiento de línea base.

Elementos de Línea Base (Baseline):

Los elementos que constituyen una línea base completa para evaluaciones ergonómicas se organizan en tres categorías principales, como se detalla en la Tabla 42. Esta clasificación permite estructurar la recolección de datos iniciales y establecer puntos de referencia para medir mejoras posteriores.

Tabla 42:

Elementos de Línea Base (Baseline)

Categoría	Elementos	Ejemplo
Desempeño del Proceso	Métricas de salida actuales Variabilidad del proceso Tendencias históricas Comparación con Referidos	Tiempo de procesamiento de certificados
Satisfacción del Cliente	Niveles actuales de satisfacción Principales drivers de insatisfacción Segmentación por grupos de clientes Correlaciones con métricas de proceso	Encuestas de satisfacción estudiantil
Impacto Financiero	Costos de calidad actuales Impacto de defectos en recursos Oportunidades de ahorro identificadas ROI potencial del proyecto	Costos administrativos asociados a reprocesos

Nota: Elaboración propia.

4.2.4.8. Estudios de capacidad:

Los estudios de capacidad evalúan la habilidad del proceso para cumplir con especificaciones establecidas.

Métricas de Capacidad Educativa:

1. Cp: Capacidad del Proceso (Process Capability)

- Relación entre tolerancia del proceso y variación natural
- Interpretación específica para procesos educativos
- Valores mínimos aceptables por tipo de proceso

2. Cpk: Índice de Capacidad del Proceso (Process Capability Index)

- Capacidad considerando centrado del proceso
- Identificación de oportunidades de mejora
- Planes de acción basados en valores Cpk

3. Pp/Ppk: Rendimiento del Proceso (Process Performance)

- Desempeño general del proceso incluyendo causas especiales
- Evaluación de estabilidad a largo plazo
- Comparación con capacidad a corto plazo

4.2.4.9. Analizar (Analyze): Root Cause Analysis

El análisis de causa raíz (Root Cause Analysis) identifica factores que limitan el desempeño académico. Se aplican herramientas como diagramas de espina de pescado (Fishbone Diagram), técnica de los 5 porqués (5 Whys), pruebas de hipótesis y análisis de regresión. En contexto educativo requiere herramientas adaptadas que consideren la complejidad de los factores que influyen en los procesos académicos.

Análisis de causa raíz, Marco de Referencia

1. Definición del Problema

- Descripción específica del problema
- Cuantificación del impacto
- Timeline de ocurrencia
- Stakeholders afectados

2. Estratificación de Datos

- Segmentación por variables relevantes (programa, período, modalidad)
- Identificación de patrones y tendencias
- Análisis de valores fuera de rango y casos especiales

- Correlaciones preliminares

3. Investigación de Causas

- Aplicación de herramientas de análisis causal
- Verificación con datos objetivos
- Validación con expertos del proceso
- Priorización de causas por impacto

Herramientas de Análisis Causal:

1. Diagrama de Espina de Pescado Educativo Adaptación

del diagrama de causa-efecto para procesos académicos:

- **Man (Personal):** Competencias docentes, motivación, carga de trabajo
- **Method (Método):** Metodologías de enseñanza, procesos de evaluación, malla curricular
- **Material (Material):** Recursos educativos, tecnología, infraestructura
- **Machine (Máquina):** Sistemas de información, plataformas educativas, equipos
- **Environment (Entorno):** Cultura institucional, políticas, normativas externas

- **Measurement (Medición):** Sistemas de evaluación, métricas, retroalimentación

2. **Los 5 Por Qué (5 Whys Educativo)** Ejemplo - Bajo rendimiento estudiantil:

- **¿Por qué el rendimiento estudiantil está por debajo del promedio?** - Los estudiantes no completan las tareas asignadas
- **¿Por qué los estudiantes no completan las tareas?** - Las tareas requieren más tiempo del disponible
- **¿Por qué las tareas requieren más tiempo?** - Los estudiantes carecen de habilidades prerrequisito
- **¿Por qué carecen de habilidades prerrequisito?** - El proceso de admisión no evalúa adecuadamente estos prerrequisitos
- **¿Por qué el proceso de admisión es inadecuado?** - Los criterios de selección no están alineados con los requisitos del programa

3. **Pruebas de hipótesis:** Las pruebas de hipótesis en contexto educativo permiten validar estadísticamente las relaciones causales identificadas.

Tipos de Pruebas Comunes:

a) T-Student para comparación de medias

- Comparación de calificaciones entre grupos
- Evaluación de efectividad de intervenciones
- Análisis pre/post implementación

b) Chi-Cuadrados para variables categóricas

- Relaciones entre variables demográficas y desempeño
- Análisis de patrones de reprobación
- Distribuciones de satisfacción por categorías

c) ANOVA para múltiples grupos

- Comparación de desempeño entre múltiples programas
- Análisis de efectos de diferentes metodologías
- Evaluación de factores múltiples simultáneos

4.2.4.10. Análisis de regresión:

El análisis de regresión identifica relaciones cuantitativas entre variables independientes y dependientes.

Aplicaciones en Educación:

1. Regresión Lineal

- Predicción de calificaciones basada en factores de entrada
- Relación entre tiempo de estudio y rendimiento
- Impacto de variables socioeconómicas en resultados académicos

2. Regresión Múltiple

- Modelos predictivos complejos de éxito estudiantil
- Análisis de factores múltiples en satisfacción
- Optimización de recursos educativos

3. Regresión Logística

- Predicción de probabilidades de graduación
- Análisis de factores de riesgo de deserción
- Modelos de clasificación de estudiantes

4.2.4.11. ANOVA Educativo:

El análisis de varianza en contexto educativo permite evaluar diferencias significativas entre grupos múltiples.

Diseños ANOVA Comunes:

1. ANOVA Una dirección (One-Way)

- Comparación de rendimiento entre diferentes metodologías de enseñanza
- Análisis de diferencias entre programas académicos
- Evaluación de efectos de diferentes instructores

2. ANOVA Bidireccional (Two-Way)

- Análisis de interacciones entre metodología y tipo de estudiante
- Efectos de modalidad y programa académico simultáneamente
- Interacciones entre factores institucionales y estudiantiles

3. Medidas Repetidas ANOVA

- Análisis de progreso estudiantil a lo largo del tiempo
- Evaluación de tendencias de satisfacción por períodos
- Estudios longitudinales de cohortes estudiantiles

4.2.4.12. Mejorar (Improve): Diseño de Experimentos (DOE) Educativo

La fase de mejora diseña e implementa soluciones basadas en evidencia, utilizando diseños factoriales, metodología de superficie de respuesta (RSM) y proyectos piloto con métricas de éxito claras.

El Diseño de Experimentos (DOE) en contexto educativo permite identificar configuraciones óptimas de factores que influyen en los resultados de aprendizaje.

DOE Aplicaciones en Educación:

1. Diseño Factorial

- Evaluación de combinaciones de metodologías de enseñanza
- Análisis de efectos de tecnología y modalidad simultáneamente
- Optimización de recursos educativos múltiples

2. Metodología de Superficie de Respuesta (MSR)

- Optimización de tamaños de clase y carga docente
- Balanceo entre teoría y práctica
- Configuración óptima de evaluaciones

4.2.4.13. Pilotaje, Proyectos Piloto:

Los proyectos piloto en educación requieren diseño cuidadoso para generar evidencia confiable sobre la efectividad de mejoras propuestas.

Componentes del Diseño Piloto:

1. Criterio de Selección de Piloto

- Representatividad de población objetivo
- Disponibilidad de datos línea base
- Compromiso de participantes clave
- Factibilidad de implementación

2. Indicadores Clave de Rendimiento (KPI)

- Métricas primarias y secundarias
- Objetivos específicos de mejora
- Cronograma de medición
- Plan de escalamiento

4.2.4.14. Mitigación de Riesgos:

Contemplar el impacto y la probabilidad de ocurrencia para definir estrategias de mitigación:

- **Bajo impacto y baja probabilidad de ocurrencia.** Aceptar el riesgo
- **Alto impacto y baja probabilidad de ocurrencia.** Aceptar el riesgo, Transferir los riesgos

- **Alto impacto y alta probabilidad de ocurrencia.** Evita los riesgos
- **Bajo impacto y alta probabilidad de ocurrencia.** Reducir o controlar los riesgos
 - Identificación y valoración de riesgos
 - Planes de contingencia
 - Monitoreo continuo de implementación
 - Criterios de cumplimiento

4.2.4.15. Validación de la Solución:

La validación de soluciones requiere evidencia estadística robusta de mejora sostenible.

Validación del Marco de Referencia:

1. Validación Estadística

- Pruebas de significancia estadística
- Intervalos de confianza para mejoras
- Análisis de poder estadístico
- Control de errores tipo I y II

2. Validación Práctica

- Relevancia práctica de mejoras observadas
- Sostenibilidad de cambios implementados
- Aceptación por parte de stakeholders
- Costo-beneficio de implementación

4.2.4.16. Controlar (Control): Control Estadístico de Procesos (SPC) Educativo

La fase de control asegura la sostenibilidad de las mejoras mediante gráficos de control, planes de reacción, monitoreo continuo y documentación institucional (Keene et al., 2011; Liker, 2004). El Control Estadístico de Procesos (SPC) en educación monitorea la estabilidad y performance de procesos académicos mejorados.

4.2.4.17. Plan de Control:

El plan de control asegura que las mejoras implementadas se mantengan a largo plazo. Algunos elementos del plan de control son:

1. Control de Proceso

- Puntos críticos de control identificados
- Especificaciones de desempeño
- Métodos de monitoreo

- Responsables de control

2. Planes de Reacción

- Acciones específicas para desviaciones
- Escalamiento de problemas
- Autoridades de decisión
- Cronogramas de respuesta

4.2.4.18. Gráficos de Control Estadístico de Proceso (SPC) para Educación:

1. Gráficos de barras X y R (X-bar and R Chart)

- Control de calificaciones promedio por período
- Monitoreo de variabilidad en evaluaciones
- Control de tiempos de respuesta administrativos

2. Gráficos p (p-Charts)

- Control de tasas de aprobación
- Monitoreo de tasas de satisfacción
- Control de tasas de deserción

3. Gráficos c (c-Charts)

- Control de número de quejas por período
- Monitoreo de defectos en procesos administrativos
- Control de incidencias en sistemas

Las aplicaciones específicas de estos diferentes tipos de gráficos de control en el contexto educativo se resumen en la Tabla 43, que relaciona cada tipo de gráfica con sus usos más relevantes en instituciones de educación superior.

Tabla 43:
Gráficas SPC aplicadas a Educación

Tipo de Gráfica	Aplicación en Educación
X-bar y R	Control de calificaciones promedio por período y variabilidad de evaluaciones
p-Chart	Monitoreo de tasas de aprobación o satisfacción estudiantil
c-Chart	Seguimiento del número de quejas y defectos administrativos

Nota: Elaboración propia.

4.2.4.19. Planes de respuesta:

Los planes de respuesta establecen acciones específicas cuando los procesos salen de control estadístico.

Componentes de Planes de respuesta:

1. Reglas de Detección

- Reglas específicas para señales de proceso fuera de control
- Criterios para causas especiales vs. comunes
- Umbrales de acción inmediata

2. Protocolo de Investigación

- Pasos específicos para investigar causas especiales
- Responsables de investigación
- Cronograma para resolución
- Documentación requerida

3. Acciones Correctivas

- Acciones inmediatas para contener problemas
- Acciones correctivas para causas raíz
- Verificación de efectividad
- Prevención de recurrencia

4.2.4.20. Monitoreo Continuo:

El monitoreo continuo asegura la sostenibilidad de mejoras y la detección temprana de degradación.

Estructura del Monitoreo:

1. Paneles de Control de Desempeño

- Métricas clave en tiempo real
- Visualización de tendencias
- Alertas automáticas
- Acceso por stakeholders relevantes

2. Revisiones Periódicas

- Revisiones mensuales de performance
- Análisis de tendencias trimestrales
- Evaluaciones anuales integrales
- Benchmarking con mejores prácticas

4.2.4.21. Documentación:

La documentación comprensiva asegura la institucionalización de mejoras y facilita la replicación.

Documentación Requerida:

1. Documentación del Proceso

- Procedimientos estándar actualizados
- Flujos de trabajo revisados
- Roles y responsabilidades clarificados

- Criterios de calidad establecidos

2. **Material de Entrenamiento**

- Manuales de entrenamiento actualizados
- Materiales de inducción para nuevo personal
- Programas de actualización continua
- Evaluaciones de competencia

3. **Lecciones Aprendidas**

- Documentación de mejores prácticas desarrolladas
- Registro de desafíos y soluciones
- Recomendaciones para futuras implementaciones
- Base de conocimiento institucional

4.3 **Implementación de Lean Education**

4.3.1 **Principios Fundamentales de Lean Education: Definición de Conceptos Clave**

Lean Education representa la adaptación de los principios y herramientas del sistema de producción Toyota al contexto educativo, con el objetivo de maximizar el valor para los estudiantes mientras se minimizan los desperdicios en todos los procesos académicos y administrativos (UNIR Ecuador, U., 2024). Esta metodología ha

demostrado su efectividad en múltiples instituciones de educación superior a nivel internacional.

4.3.1.1. Lean y sus Principios:

Los cinco principios fundamentales de Lean aplicados al contexto educativo son (Mazumder, 2014):

1. **Definir el Valor en la Educación:** La definición de valor en educación debe considerar múltiples perspectivas y dimensiones

- **Valor desde la Perspectiva del Estudiante:** El valor en educación debe definirse desde la perspectiva del beneficiario principal. El estudiante valora la accesibilidad y flexibilidad de la oferta educativa, costo-beneficio de la inversión educativa, además:
 - **Valor Académico:** Relevancia del aprendizaje para objetivos profesionales y personales. Conocimientos, habilidades y competencias que contribuyen al desarrollo profesional y personal.
 - **Valor Experiencial:** Calidad de la experiencia educativa, ambiente de aprendizaje, interacciones significativas.

- **Valor de Empleabilidad:** Preparación para el mercado laboral, habilidades demandadas por empleadores
- **Valor de Desarrollo Personal:** Crecimiento personal, pensamiento crítico, ciudadanía responsable
- **Valor desde la Perspectiva Social:**
 - Contribución al desarrollo económico y social
 - Formación de ciudadanos responsables
 - Generación y transferencia de conocimiento
 - Impacto en la calidad de vida comunitaria
- **Valor desde la Perspectiva del Empleador:**
 - Competencias y habilidades de graduados
 - Capacidad de adaptación y aprendizaje continuo
 - Ética profesional y valores
 - Contribución inmediata a organizaciones
- **Valor desde la Perspectiva Institucional:**
 - Cumplimiento de misión y visión institucional
 - Eficiencia en uso de recursos
 - Reputación y reconocimiento académico
 - Sostenibilidad financiera y organizacional

2. **Identificar la Cadena de Valor Educativa:** La cadena de valor educativa incluye todos los procesos desde la atracción del estudiante hasta su graduación y seguimiento como egresado:

- Procesos de reclutamiento y admisión
- Procesos de enseñanza-aprendizaje
- Procesos de evaluación y retroalimentación
- Procesos de apoyo estudiantil
- Procesos administrativos de soporte
- Procesos de vinculación y seguimiento de egresados

3. **Crear Flujo Continuo en Procesos Educativos:** El flujo continuo implica eliminar interrupciones, esperas y retrabajos en la experiencia educativa:

- Eliminación de cuellos de botella en procesos de matrícula
- Continuidad en secuencias curriculares
- Flujo de información eficiente entre departamentos
- Reducción de tiempos de espera en servicios estudiantiles

4. **Establecer Sistemas Jalar (Pull) Educativos:** Los sistemas pull responden a la demanda real de los estudiantes y el mercado laboral:

- Malla curricular pertinente con las necesidades del mercado laboral
- Oferta educativa basada en demanda estudiantil
- Recursos asignados según necesidades reales
- Servicios disponibles cuando son requeridos

5. **Buscar la Perfección a Través de Mejora Continua:** La búsqueda de perfección implica un compromiso permanente con la mejora continua:

- Cultura de mejora continua institucional
- Eliminación sistemática de desperdicios
- Innovación constante en metodologías educativas
- Adaptación continua a cambios del entorno

4.3.2 Hoja de Ruta para Implementar Lean Education

La implementación exitosa de Lean Education requiere un enfoque sistemático y gradual que considere la cultura organizacional específica del contexto universitario (Vavilin, 2020). Esta hoja de ruta se visualiza en la Figura 14, la cual presenta las etapas clave y los componentes esenciales para una implementación efectiva de principios Lean en educación superior.

Figura 14:

Hoja de Ruta para Implementar Lean Education



Nota: Autores, OpenAI, 2025.

4.3.2.1. Formación en Lean Education:

Tiene como objetivo la comprensión de Lean Education, sensibilización y compromiso institucional. La formación debe ser diferenciada según roles y responsabilidades:

Nivel Directivo (20 horas)

- Principios y filosofía Lean aplicados a educación
- Liderazgo del cambio organizacional
- ROI y beneficios de implementación Lean

- Casos de éxito en instituciones educativas similares

Nivel Gerencial Medio (40 horas)

- Herramientas Lean específicas para educación
- Gestión de equipos de mejora continua
- Metodologías de mapeo de valor
- Gestión del cambio y resistencia organizacional

Nivel Operativo (24 horas)

- Conceptos básicos de Lean Education
- Identificación de desperdicios en procesos diarios
- Herramientas básicas de mejora continua
- Participación en eventos Kaizen (de Souza Lima et al., 2023).

Personal de Apoyo (16 horas)

- Filosofía Lean y su aplicación en servicios de apoyo
- Herramientas 5S para organización del trabajo
- Participación en iniciativas de mejora continua (ISO, 2015)
- Cultura de calidad y servicio al cliente interno

4.3.2.2. Identificación de Valor

La identificación de valor requiere un proceso participativo que involucre todos los stakeholders:

Metodología de Identificación de Valor:

- 1. Comprender la voz del Cliente (Voice of Customer Comprehensive, (VOC))**
 - Encuestas de satisfacción estudiantil detalladas
 - Focus groups con diferentes segmentos de estudiantes
 - Entrevistas con empleadores de graduados
 - Retroalimentación de padres de familia (cuando aplique)

- 2. Value Stream Stakeholder Analysis**
 - Mapeo de stakeholders por proceso
 - Análisis de expectativas y necesidades por grupo
 - Identificación de conflictos y sinergias
 - Priorización de valor por importancia e impacto

- 3. Árbol Crítico para la Calidad CTQ (Critical to Quality Tree (CTQ))**
 - Entender las necesidades y traducir a requisitos específicos

- Establecimiento de métricas de valor
- Definición de targets y especificaciones
- Desarrollo de sistemas de medición

4.3.2.3. Identificación de Desperdicios en Educación

La identificación y eliminación de desperdicios (mudas) en educación requiere una comprensión específica de las actividades que no agregan valor en el contexto académico (Douglas et al., 2015a).

Los 8 Desperdicios de Lean en Educación:

1. Sobreproducción Educativa

- Contenido curricular excesivo no alineado con objetivos de aprendizaje
- Material educativo producido en exceso
- Evaluaciones redundantes o innecesarias
- Información administrativa duplicada

2. Esperas en Procesos Educativos

- Demoras en procesos de matrícula e inscripción
- Tiempos de espera para servicios estudiantiles
- Retrasos en retroalimentación de evaluaciones

- Esperas para acceder a recursos educativos

3. **Transporte Innecesario**

- Movimientos innecesarios de estudiantes entre edificios
- Traslado de documentos físicos que pueden digitalizarse
- Desplazamientos evitables del personal académico
- Transporte de recursos educativos ineficiente

4. **Procesamiento Excesivo**

- Procedimientos administrativos burocráticos excesivos
- Múltiples aprobaciones para procesos simples
- Verificaciones redundantes de información
- Formatos y reportes innecesariamente complejos

5. **Inventario Excesivo**

- Acumulación de material educativo obsoleto
- Información desactualizada en sistemas
- Documentos y registros innecesarios
- Recursos educativos subutilizados

6. **Movimientos Innecesarios**

- Búsqueda de información no organizada sistemáticamente

- Movimientos ineficientes en espacios de trabajo
- Procesos que requieren múltiples ubicaciones
- Accesos complejos a recursos digitales

7. Defectos en Procesos Educativos

- Errores en registros académicos
- Información incorrecta en sistemas
- Fallas en procesos de evaluación
- Comunicación deficiente con stakeholders

8. Talento Humano Desperdiciado

- Subutilización de competencias docentes
- Asignación inadecuada de responsabilidades
- Falta de desarrollo profesional continuo
- No aprovechamiento de ideas de mejora del personal

4.3.2.4. Consideraciones Clave

Adaptación a la Cultura Educativa: La implementación de Lean Education requiere adaptaciones específicas para la cultura académica, entre otras:

1. Respeto por la Autonomía Académica

- Preservación de libertad de cátedra
- Participación voluntaria en iniciativas de mejora
- Flexibilidad en implementación de estándares
- Reconocimiento de diversidad disciplinaria

2. Integración con Procesos Académicos

- Alineación con calendarios académicos
- Consideración de períodos de evaluación
- Integración con procesos de acreditación
- Respeto por tiempos de investigación y reflexión

3. Desarrollo Gradual de Competencias

- Capacitación progresiva en herramientas Lean
- Tutoría (Mentoring) y coaching continuo
- Comunidades de práctica internas
- Intercambio con otras instituciones

4.3.2.5. Liderazgo del Cambio

El liderazgo efectivo es un factor crítico para el éxito en la implementación de Lean Education:

1. Liderazgo Visible y Comprometido

- Participación de autoridades académicas
- Comunicación consistente de beneficios y objetivos
- Asignación de recursos necesarios para implementación
- Modelado de comportamientos esperados

2. Desarrollo de Líderes Lean

- Identificación y desarrollo de campeones internos
- Formación especializada en liderazgo del cambio
- Creación de red de promotores en todos los niveles
- Reconocimiento y desarrollo de talentos emergentes

3. Gestión de Resistencia al Cambio

- Identificación proactiva de fuentes de resistencia
- Comunicación transparente de razones para el cambio
- Involucramiento de escépticos en procesos de mejora
- Demostración de beneficios a través de éxitos tempranos

4.3.3 Herramientas de Mapeo y Flujo de Valor: Uso de Herramientas Visuales para la Mejora

4.3.3.1. Mapeo y Flujo de Valor (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM), representa una de las herramientas de Lean para visualizar y analizar procesos completos desde una

perspectiva sistémica (Bloomquist et al., 2024; Moshchenko & Nikitenko, 2023).

Símbolos y Notaciones Específicas para Educación:

1. Cajas de Procesos (Process Boxes)

- Procesos de enseñanza-aprendizaje
- Procesos administrativos de apoyo
- Procesos de evaluación y retroalimentación
- Procesos de servicios estudiantiles

2. Cajas de Datos (Data Boxes)

- Cycle Time (CT): Tiempo para completar una unidad de trabajo
- Lead Time (LT): Tiempo total desde inicio hasta finalización del proceso
- Changeover Time: Tiempo de preparación entre actividades
- Available Time: Tiempo disponible para el proceso
- Number of Operators: Personal involucrado
- Batch Size: Tamaño de grupos o lotes procesados
- Uptime: Porcentaje de tiempo operativo efectivo

3. Triángulos de Inventario (Inventory Triangles)

- Work-in-Process: Trabajo en proceso. Estudiantes/documentos en proceso
- Waiting Time: Tiempo de espera entre procesos
- Buffer Size: Capacidad de cola entre procesos

4. Information Flow (Flujo de Información)

- Electronic Information: Sistemas digitales
- Manual Information: Comunicación personal
- Production Control: Control de procesos académicos

4.3.3.2. Simbología VSM Educativa:

Para aplicar la técnica de Value Stream Mapping (VSM) en contextos educativos, es esencial adaptar la simbología tradicional a los procesos académicos. La Tabla 44 presenta los símbolos básicos de VSM con sus correspondientes aplicaciones en el entorno universitario, facilitando el mapeo visual de flujos de valor educativo.

Tabla 44:*Simbología VSM Educativa*

Símbolo	Descripción	Aplicación Educativa
□	Proceso	Clases, evaluaciones, tutorías
△	Inventario	Estudiantes en espera, documentos pendientes
⚡	Kaizen Burst	Oportunidades de mejora identificadas
→	Flujo de material	Movimiento de estudiantes/documentos
↔	Flujo de información	Comunicaciones académicas

Nota: Elaboración propia.

Métricas Específicas para VSM Educativo:**1. Tiempo de Ciclo Educativo (Educational Cycle Time)**

- Tiempo para procesar un estudiante individual
- Tiempo para completar una evaluación
- Tiempo para procesar una solicitud administrativa
- Tiempo para generar un reporte académico

2. Tiempo de Valor Agregado (Value-Added Time)

- Tiempo dedicado a actividades que directamente benefician al estudiante
- Actividades de enseñanza directa
- Tiempo de retroalimentación personalizada

- Servicios de apoyo académico directo

Eficiencia del Flujo de Valor:

La eficiencia del flujo de valor en procesos educativos puede cuantificarse mediante la fórmula 6, que relaciona el tiempo dedicado a actividades que realmente agregan valor al proceso educativo con el tiempo total del ciclo.

$$\text{Eficiencia} = \left(\frac{\text{Tiempo de Valor Agregado}}{\text{Lead Time Total}} \right) \times 100 \quad (6)$$

4.3.3.3. Ejemplo de Diagrama VSM para un Docente Universitario

La Tabla 45 contiene un resumen de actividades consideradas en un distributivo docente (CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES], 2021):

Tabla 45:*Actividades consideradas en el Distributivo*

Actividad	Carga Horaria Mínima/Máxima (Referencia Típica)	Distribución de Ejemplo (40h)	% del Tiempo Total
Docencia en contacto con el alumno (Clases)	De 8 a 16 horas semanales (Titular Agregado/Principal)	12 horas	30 %
Otras actividades de Docencia (Preparación de clases, tutorías, calificación de evaluaciones, diseño de material, etc.)	Mínimo 1 hora por cada hora de clase impartida, o un % del total de horas.	12 horas	30 %
Investigación (Proyectos, publicaciones, dirección de tesis)	La restante, pudiendo ser hasta 31 horas.	10 horas	25 %
Vinculación con la Sociedad (Proyectos comunitarios, educación continua)	Se enmarca en Docencia/Investigación/Gestión.	3 horas	7.5 %
Gestión Académica/Administrativa (Reuniones de carrera/facultad, informes)	Depende del cargo (máximo 12-20 horas para coordinadores)	3 horas	7.5 %
TOTAL		40 horas	100 %

Nota: Basado en (CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES], 2021).

El ejemplo del flujo de valor se centra en el proceso de docencia de una semana, siendo el cliente.^{el} estudiante y el “valor” la entrega de conocimiento y la evaluación.

Métricas VSM Típicas:

- **CT (Cycle Time):** Tiempo total que toma completar un paso.
- **TT (Takt Time):** Tasa requerida por el “cliente” (en este caso, la frecuencia de actividades por la carga académica).
- **VA (Value Added):** Tiempo que añade valor directo al cliente" (ej. el tiempo en que el estudiante aprende).

- **NVA (Non-Value Added):** Tiempo que no añade valor directo, pero puede ser necesario (ej. reportes administrativos).

La aplicación concreta de estas métricas al trabajo docente semanal se ilustra en la Tabla 46, que analiza cada paso del proceso de docencia universitaria en términos de tiempo de ciclo, valor agregado y responsabilidades.

Tabla 46:
VSM para un Docente Universitario (Flujo de Valor: Proceso Semanal de Docencia)

Paso del Proceso	Responsable	CT (Tiempo de Proceso) horas	Tiempo de Espera/NVA horas	VA/NVA
1. Planificación Semanal y Preparación de Material	Docente	3	0	VA
2. Impartición de Clases	Docente	12	0	VA
3. Tutorías a Estudiantes	Docente	2	0	VA
4. Elaboración y/o Asignación de Tareas/Evaluaciones	Docente	3	0	VA
5. Calificación y Retroalimentación	Docente	6	0	VA
6. Reuniones/Gestión Administrativa	Docente	3	0	NVA (Necesario)
7. Actividades de Investigación/Vinculación	Docente	14	0	VA (Investigación) / NVA (Vinculación)
TOTAL (40h)				43 0

Nota: En el VSM, el tiempo total puede exceder las 40 horas si se suman los tiempos de proceso de las actividades que se realizan en paralelo. En este ejemplo se suman las horas asignadas. "Tiempo de Espera/NVA" se considera mínima, ya que la mayor parte del tiempo es de trabajo activo.

Los resultados del análisis VSM se sintetizan en la Tabla 47, que resume las métricas clave del flujo de valor docente, incluyendo tiempos de ciclo, valor agregado y eficiencia del proceso.

Tabla 47:

Resumen de Flujo de Valor

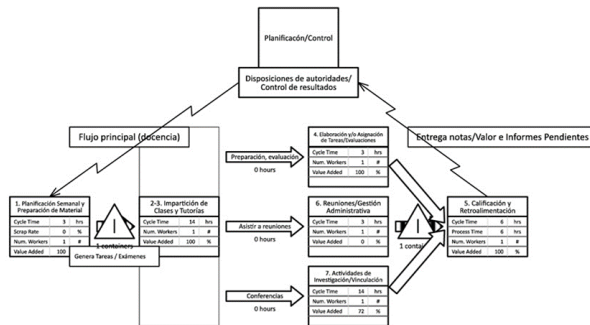
Métrica	Tiempo (Horas)	Valor
Tiempo Total de Ciclo (CT)	43 horas	43
Tiempo Agregador de Valor (VA)	31 horas (72 % del CT)	31
Tiempo No Agregador de Valor (NVA)	12 horas (28 % del CT)	12
Lead Time (Tiempo total que toma un estudiante en recibir todo el valor)	7 días (1 semana)	35

Nota: Elaboración propia.

El resumen cuantitativo del flujo de valor se complementa con una representación visual en la Figura 15, que ilustra de manera gráfica el proceso semanal de docencia, mostrando las relaciones entre actividades, flujos de información y tiempos de proceso.

Figura 15:

VSM para un Docente Universitario (Proceso Semanal de Docencia)



Nota: La figura 16 muestra un diagrama de flujo visual del proceso semanal de docencia. Elaboración propia.

4.3.4 Proceso de Construcción de VSM Educativo

4.3.4.1. Fase 1: Preparación y Planificación

■ 1. Definición del Alcance del Proceso

- Selección de proceso educativo crítico
- Definición de fronteras del sistema
- Identificación de stakeholders clave
- Establecimiento de objetivos del mapeo

■ 2. Formación del Equipo VSM

- Líder del proceso (Process Owner)
- Representantes de cada área involucrada
- Usuarios finales (estudiantes/docentes)
- Facilitador experimentado en VSM

■ 3. Recolección de Datos Preliminares

- Datos históricos de desempeño
- Volúmenes de transacciones
- Recursos involucrados por proceso
- Sistemas de información utilizados

4.3.4.2. Fase 2: Mapeo del Estado Actual

- **1. Seguimiento del Proceso (Walkthrough)**
 - Seguimiento físico del flujo completo
 - Observación directa de actividades
 - Entrevistas con personal involucrado
 - Documentación de excepciones y variaciones

- **2. Medición de Tiempos y Recursos**
 - Cronometraje de actividades individuales
 - Medición de tiempos de espera
 - Cuantificación de recursos por proceso
 - Identificación de patrones de demanda

- **3. Dibujo del Mapa Actual**
 - Representación visual completa del flujo
 - Inclusión de todos los datos medidos
 - Identificación de flujos de información
 - Marcación de puntos de decisión críticos

4.3.4.3. Fase 3: Análisis de Desperdicios

■ 1. Búsqueda Sistemática de Desperdicios (Waste Walk)

- Identificación metódica de los 8 desperdicios
- Cuantificación del impacto de cada desperdicio
- Análisis de causas raíz de ineficiencias
- Priorización por impacto potencial

■ 2. Análisis de Valor Agregado

- Clasificación de actividades: VA (Valor Añadido), NVA (No Añaden Valor o Valor No Añadido), y NNVA (Valor No Añadido Necesario, valor no añadido pero necesario)
- Cálculo de ratios de eficiencia
- Identificación de oportunidades de eliminación
- Análisis de actividades de apoyo necesarias

4.3.4.4. Fase 4: Diseño del Estado Futuro

■ 1. Aplicación de Principios Lean

- Eliminación de desperdicios identificados
- Implementación de flujo continuo
- Introducción de sistemas pull

- Integración de poka-yokes

■ 2. Rediseño del Flujo

- Reconfiguración de secuencias de proceso
- Eliminación de pasos innecesarios
- Integración de actividades paralelas
- Optimización de puntos de decisión

4.3.4.5. Fase 5: Plan de Implementación

■ 1. Desarrollo de Hoja de Ruta

- Secuenciamiento de mejoras
- Cronograma de implementación
- Asignación de recursos y responsabilidades
- Identificación de dependencias críticas

■ 2. Métricas y Controles

- Establecimiento de KPIs de seguimiento
- Diseño de sistemas de monitoreo
- Definición de puntos de control
- Planes de respuesta a desviaciones

4.3.5 Creación de Flujos Continuos

La creación de flujos continuos en educación requiere la eliminación de interrupciones, esperas y procesamientos por lotes que no agreguen valor al estudiante.

4.3.5.1. Flujo Continuo Académico

- **1. Eliminación de Departamentalización Excesiva:** La departamentalización tradicional en universidades puede crear silos que interrumpen el flujo estudiantil:

- **Problemas Típicos:**

- Múltiples ventanillas para trámites relacionados
- Información duplicada en diferentes sistemas
- Procesos secuenciales que podrían ser paralelos
- Transferencias y movimientos innecesarios entre departamentos

- **Soluciones de Flujo Continuo:**

- Ventanilla única para servicios estudiantiles
- Integración de sistemas de información
- Equipos multifuncionales para procesos complejos
- Eliminación de movimientos innecesarios

- **2. Sincronización de Procesos Académicos:** La sincronización asegura que los procesos upstream (hacia arriba) y downstream (hacia abajo) funcionen al mismo ritmo:

- **Tiempo Takt (Takt Time):** El Takt Time en educación representa el ritmo al cual se deben completar procesos para satisfacer la demanda estudiantil. Este concepto, adaptado de la manufactura Lean, se calcula mediante la ecuación 7, que relaciona el tiempo disponible de trabajo con la demanda de servicios educativos requeridos por los estudiantes.

- **Cálculo de Takt Time Educativo:**

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda del Cliente}} \quad (7)$$

- **Ejemplo - Proceso de Matrícula:**

- ◇ Tiempo disponible: 8 horas × 5 días × 4 semanas
= 160 horas
- ◇ Demanda: 1,600 estudiantes por período de matrícula
- ◇ Takt Time = 160 horas ÷ 1,600 estudiantes = 0.1 horas = 6 minutos por estudiante

- **Balanceo Takt Time:**

- Balanceo de carga de trabajo entre procesos
- Sincronización de calendarios académicos
- Coordinación de recursos compartidos
- Eliminación de cuellos de botella móviles
- **Aplicaciones del Takt Time:**
 - Balanceo de estaciones de trabajo en servicios estudiantiles
 - Programación de recursos según demanda real
 - Identificación de sobrecapacidad o déficit de recursos
 - Sincronización de procesos relacionados
- **3. Tamaño óptimo (Right-Sizing) de Proceso:** Ajustar la capacidad de cada proceso a la demanda real:
 - **Metodología de Right-Sizing:**
 - **Análisis de Demanda**
 - ◇ Patrones históricos de demanda
 - ◇ Variabilidad estacional
 - ◇ Tendencias de crecimiento
 - ◇ Segmentación de demanda
 - **Análisis de Capacidad**
 - ◇ Capacidad teórica vs. efectiva

- ◇ Factores de utilización reales
- ◇ Restricciones de recursos
- ◇ Flexibilidad de capacidad
- **Balanceo**
 - ◇ Redistribución de recursos
 - ◇ Cross-training de personal
 - ◇ Flexibilidad en asignaciones
 - ◇ Sistemas de apoyo dinámico
- **4. Herramientas para Flujo Continuo:** Aplicación de conceptos de manufactura continua al contexto educativo.
 - **Diseño de Celdas (Cell Design) Educativo:**
 - Agrupación de procesos relacionados
 - Minimización de movimientos y transportes
 - Personal multifuncional
 - Distribución (Layout) optimizado para flujo
 - **Ejemplo: Célula de Servicio Académico (Academic Service Cell)**
 - Servicios de matrícula, financiero y académico en un solo lugar

- Personal entrenado (cross-trained) en múltiples funciones
- Sistemas integrados de información
- Layout en U para minimizar movimientos

4.3.6 Cambio Rápido (Quick Changeover), (SMED) Educativo

Reducción de tiempos de cambio o demora entre diferentes actividades.

■ 1. Aplicaciones SMED en Educación:

- Cambio rápido entre configuraciones de aula
- Transición eficiente entre períodos académicos
- Setup rápido para diferentes modalidades de clase
- Cambio ágil en asignación de recursos

■ 2. Metodología SMED Educativa:

- **Identificar Actividades Internal vs External**
 - Internal: Actividades que requieren parar el proceso
 - External: Actividades que pueden hacerse en paralelo
- **Convertir Internal en External**
 - Preparación previa de materiales

- Configuración anticipada de sistemas
- Checklist de preparación
- **Optimizar Actividades Internal**
 - Estandarización de procedimientos
 - Herramientas de cambio rápido
 - Eliminación de ajustes innecesarios

4.3.6.1. Producción nivelada (Heijunka) Educativo

Nivelación de la carga de trabajo para crear flujo uniforme:

- **1. Heijunka Box Educativo:** Sistema visual para nivelar y programar trabajo:
 - Filas: Diferentes tipos de servicios o procesos
 - Columnas: Intervalos de tiempo (horas, días)
 - Tarjetas: Representan volumen de trabajo programado
- **2. Beneficios de Heijunka (nivelación) Educativo:**
 - Reducción de variabilidad en carga de trabajo
 - Mejor utilización de recursos
 - Reducción de tiempo de espera promedio
 - Mayor predictibilidad en tiempos de entrega

4.3.7 Sistemas Pull: "Justo a Tiempo"(JIT)

Los sistemas pull en educación invierten la lógica tradicional de empujar, Push, servicios y recursos, respondiendo a la demanda real de estudiantes y otros stakeholders.

- **1. Servicios Impulsados por la Demanda (Demand-Driven Services)** Los servicios se activan únicamente cuando hay demanda real:

- **Características:**

- Servicios disponibles bajo demanda
- Eliminación de servicios no utilizados
- Personalización basada en necesidades específicas
- Eficiencia en uso de recursos

- **Implementación:**

- Sistemas de citas online para servicios estudiantiles
- Recursos educativos disponibles just-in-time
- Apoyo académico activado por señales de riesgo
- Servicios de tutoría bajo demanda

- **2. Sistemas de Información Pull (Information Pull Systems)** La información se obtiene en forma oportuna y de manera relevante:

- **Principios:**

- Push de información crítica únicamente
- Pull de información detallada bajo demanda
- Personalización de flujos informativos
- Eliminación de información innecesaria

- **Herramientas:**

- Portales estudiantiles personalizados
- Notificaciones inteligentes basadas en contexto
- Chatbots para información bajo demanda
- Dashboards personalizables

- **3. Sistemas Pull de Recursos (Resource Pull Systems)**

Los recursos se asignan basándose en demanda real:

- **Aplicaciones:**

- Asignación dinámica de aulas
- Recursos tecnológicos bajo demanda
- Personal de apoyo flexible
- Materiales educativos just-in-time

- **4. Métricas del Sistema Pull (Pull System Metrics):**

- **Análisis de tiempos de distribución y entrega (Lead Time Distribution):**
 - Mediana de lead time
 - Percentiles 85° y 95°
 - Variabilidad de tiempos
 - Tendencias de mejora

- **Cantidad de trabajo completado por unidad de tiempo (Throughput):**
 - Estudiantes procesados por día/semana
 - Servicios completados por período
 - Transacciones procesadas por hora
 - Variabilidad de throughput

- **Cantidad de Trabajo en Proceso en Cualquier Momento (Work in Process WIP):**
 - Estudiantes en proceso por etapa
 - Solicitudes pendientes por tipo
 - Proyectos en desarrollo simultáneo
 - Correlación WIP vs Lead Time

- **Eficiencia de Flujo (Flow Efficiency)** Mide el porcentaje de tiempo que se dedica a trabajar activamente

en una solicitud o proceso académico en relación con el tiempo total del ciclo. Esta métrica, calculada mediante la ecuación 8, es fundamental para identificar oportunidades de mejora en procesos educativos donde existen tiempos de espera significativos.

$$\text{Flow Efficiency} = \frac{\text{Tiempo de Trabajo Activo}}{\text{Lead Time Total}} \quad (8)$$

4.3.7.1. Implementación JIT en Servicios Educativos

- **1. Acuerdos de Nivel de Servicio (Service Level Agreements, SLAs) Dinámicos:** El indicador nivel de servicio, mide la capacidad de una organización para cumplir con las expectativas del cliente, calidad, precio, cantidad, oportunidad. Los SLAs se adaptan a la demanda y capacidad real.
 - **Características:**
 - Tiempos de respuesta variables según demanda
 - Priorización dinámica basada en impacto
 - Transparencia en tiempos de espera actuales
 - Compensación por incumplimientos

- **2. Predicción de demanda (Demand Forecasting) para**

planificación de recursos:

- **Métodos:**

- Análisis de patrones históricos
- Modelos de regresión estacional
- Machine learning para predicción
- Incorporación de variables externas

- **3. Asignación flexible de recursos (Flexible Resource Allocation) basada en demanda:**

- **Estrategias:**

- Personal multifuncional (cross-trained)
- Recursos compartidos entre departamentos
- Contratación temporal para picos de demanda
- Outsourcing de servicios no críticos

4.3.8 Diseño de Kanban Systems Académico

Establecimiento de Sistemas Jalar (Pull), Sistema Kanban: Los sistemas Kanban en educación regulan el flujo de estudiantes, información y recursos basándose en demanda real. Kanban es un método de gestión visual de los procesos de trabajo en curso para la mejora de eficiencia al lograr flujo de forma continua.

4.3.8.1. Tarjetas Kanban Académico

1. Kanban de Seguimiento al Estudiante

- Tarjetas que representan estudiantes en proceso
- Control de capacidad en cada etapa educativa
- Visualización de carga de trabajo actual
- Prevención de sobrecarga del sistema

2. Kanban para Información

- Control de flujo de documentos académicos
- Gestión de solicitudes de servicios estudiantiles
- Regulación de procesos administrativos
- Prevención de acumulación de trabajo

3. Kanban de Recursos

- Gestión de recursos educativos compartidos
- Control de inventario de materiales
- Asignación eficiente de espacios y equipos
- Optimización de uso de recursos

4. Columnas Típicas en el Diseño de Tableros Kanban Académico:

- To Do (Solicitudes pendientes)
- In Progress (En proceso)
- Review (En revisión)
- Done (Completado)

5. Límites WIP (Work in Progress):

- Establecimiento de capacidad máxima por etapa
- Prevención de sobrecarga del sistema
- Identificación automática de cuellos de botella
- Balance de carga de trabajo

6. Kanban de Flujo de Estudiantes (Student Flow Kanban) Control del flujo de estudiantes a través de procesos:

- **Estructura:**
 - To Do: Estudiantes en cola para proceso
 - Doing: Estudiantes siendo procesados actualmente
 - Done: Estudiantes que completaron el proceso

7. Gestión visual de trabajo académico (Task Kanban for Academic Work):

- **Aplicaciones:**

- Gestión de proyectos de investigación
- Seguimiento de tareas administrativas
- Control de flujo de evaluaciones
- Coordinación de actividades de vinculación

8. Control de Solicitudes de Servicios (Service Request Kanban) estudiantiles:

▪ Etapas Típicas:

- Received: Solicitud recibida
- In Review: Solicitud siendo evaluada
- In Progress: Solicitud siendo procesada
- Completed: Solicitud completada
- Closed: Solicitud cerrada con feedback

4.3.9 Los 5 Porqués en Contexto Académico

La aplicación de Kaizen en educación superior ha sido reportada en pocos casos de estudio en la literatura, pero las herramientas fundamentales como los 5 Porqués han demostrado ser particularmente efectivas para identificar causas raíz en problemas académicos complejos (AENOR, 2024).

4.3.9.1. Metodología Adaptada de 5 Porqués Académico

1. Preparación del Análisis:

■ Definición Clara del Problema

- Cuantificación específica del problema
- Identificación de stakeholders afectados
- Establecimiento de línea de tiempo
- Documentación de evidencia disponible

■ Formación del Equipo de Análisis

- Incluir personas con conocimiento directo del proceso
- Representación de diferentes perspectivas
- Facilitador experimentado en análisis causal
- Toma de notas sistemática

2. Proceso de Interrogación Sistemática:

Caso de Estudio: Bajo Rendimiento en Curso de Matemáticas

a) **Pregunta 1:** ¿Por qué el 40% de estudiantes reprueban matemáticas básicas?

Respuesta 1: Porque no completan las tareas asignadas regularmente

b) **Pregunta 2:** ¿Por qué no completan las tareas asignadas?

Respuesta 2: Porque reportan que las tareas requieren más tiempo del disponible

c) **Pregunta 3:** ¿Por qué las tareas requieren más tiempo del disponible?

Respuesta 3: Porque los estudiantes carecen de habilidades matemáticas prerequisite

d) **Pregunta 4:** ¿Por qué carecen de habilidades prerequisite?

Respuesta 4: Porque el proceso de nivelación no identifica adecuadamente estas brechas

e) **Pregunta 5:** ¿Por qué el proceso de nivelación es inadecuado?

Respuesta 5: Porque utiliza instrumentos de evaluación que no se alinean con los requisitos reales del curso

3. Validación de Causa Raíz:

- Análisis de correlación entre resultados de nivelación y desempeño posterior
- Revisión de alineación curricular entre niveles
- Benchmarking con mejores prácticas de otras instituciones

- Piloto de instrumentos mejorados de nivelación

4. Variaciones de 5 Porqués Académico:

5 porqués + 5 Hows: Después de identificar la causa raíz, aplicar 5 "cómo" para desarrollar soluciones:

Continuando el ejemplo anterior: ¿Cómo mejorar los instrumentos de evaluación en nivelación?

a) Desarrollando evaluaciones auténticas alineadas con competencias requeridas

b) ¿Cómo desarrollar evaluaciones auténticas?
Colaborando con docentes del curso objetivo para mapear competencias críticas

c) ¿Cómo mapear competencias críticas?
Implementando análisis de tareas académicas e identificando prerrequisitos específicos

d) ¿Cómo implementar análisis de tareas académicas?
Estableciendo equipos mixtos de docentes de nivel básico e intermedio

e) ¿Cómo establecer equipos mixtos efectivos?
Creando incentivos institucionales para colaboración interdisciplinaria

4.3.10 5S para Organización de Espacios Académico

La metodología 5S aplicada a espacios educativos genera ambientes de aprendizaje más eficientes, seguros y conducentes al desarrollo académico. A continuación, se presenta una adaptación académica de las 5S aplicada a aulas, laboratorios y bibliotecas universitarias (Sremcev et al., 2018).

1. S: Seiri (Clasificar) – Organización en Espacios Educativos

■ Metodología de Clasificación Educativa

• Campaña de Etiqueta Roja

- Identificación de elementos innecesarios en aulas y laboratorios
- Etiquetado rojo para equipos obsoletos o defectuosos
- Catalogación de materiales educativos no utilizados
- Eliminación sistemática de elementos sin valor educativo

■ Criterios de Clasificación

- Frecuencia de uso: diario, semanal, mensual, anual, nunca

- Valor educativo: alto, medio, bajo, ninguno
- Estado funcional: operativo, reparable, obsoleto
- Relevancia curricular: actual, desactualizado, fuera de contexto

■ **Implementación por Espacios**

• **Aulas tradicionales**

- Mobiliario: sillas y mesas en buen estado, configuración flexible
- Tecnología: equipos funcionales y actualizados
- Materiales: recursos actualizados y relevantes al currículo
- Decoración: elementos que apoyen el aprendizaje

• **Laboratorios**

- Equipos: instrumentos calibrados y en funcionamiento
- Reactivos: químicos dentro de la fecha de vencimiento
- Herramientas: instrumentos en condiciones óptimas de uso
- Manuales: documentación actualizada y accesible

• **Bibliotecas**

- Colecciones: recursos actualizados y relevantes
- Espacios: áreas diferenciadas por tipo de estudio
- Tecnología: equipos de consulta en funcionamiento óptimo
- Mobiliario: muebles ergonómicos y funcionales

2. S: Seiton (Ordenar) – Organización Eficiente

■ Principios de Organización Educativa

- **Un lugar para cada cosa, cada cosa en su lugar**
 - Asignación específica de ubicaciones para equipos
 - Etiquetado claro y visible de ubicaciones
 - Sistemas de codificación por colores
 - Mapas visuales de organización de espacios
- **Accesibilidad basada en la frecuencia de uso**
 - Recursos de uso diario al alcance inmediato
 - Materiales de uso semanal en ubicaciones cercanas
 - Equipos especializados en áreas designadas
 - Sistema de archivo para materiales de uso ocasional

- **Implementación de Gestión Visual (Visual Management)**
 - **Paneles Sombra (Shadow Boards) para Herramientas**
 - Siluetas de herramientas en paneles
 - Identificación inmediata de elementos faltantes
 - Facilita mantenimiento y control de inventario
 - Promueve responsabilidad individual y colectiva
 - **Sistema de Codificación por Colores**
 - Verde: equipos operativos y disponibles
 - Amarillo: equipos que requieren mantenimiento
 - Rojo: equipos fuera de servicio o peligrosos
 - Azul: equipos de uso especializado o restringido

3. S: Seiso (Limpiar) – Brillo y Mantenimiento

- **Filosofía de Limpieza Educativa**

La limpieza va más allá de la higiene básica para incluir mantenimiento preventivo y cuidado de recursos educativos.

- **Programas de Limpieza Estructurada**
 - **Rutinas de limpieza diaria**

- Limpieza al inicio y final de cada sesión de clase
- Verificación de funcionamiento de equipos básicos
- Organización de materiales utilizados
- Reporte de anomalías o necesidades de reparación
- **Programas de limpieza profunda**
 - Limpieza semanal de laboratorios
 - Mantenimiento mensual de equipos tecnológicos
 - Limpieza especializada de instrumentos científicos
 - Actualización trimestral de recursos educativos
- **La Inspección como Parte de la Limpieza**
 - Identificación temprana de problemas en equipos
 - Detección de necesidades de reemplazo
 - Evaluación de condiciones de seguridad
 - Evaluación de efectividad de recursos educativos

4. S: Seiketsu (Estandarizar) – Normalización

- **Desarrollo de Estándares Educativos**
 - **Procedimientos Operativos Estandarizados (SOPs) para Espacios Educativos**
 - SOP para uso de laboratorios

- ◇ Procedimientos de entrada y salida
- ◇ Protocolos de uso de equipos especializados
- ◇ Procedimientos de emergencia y seguridad
- ◇ Sistemas de reporte de incidentes
- **SOP para aulas tecnológicas**
 - ◇ Protocolos de encendido y apagado de sistemas
 - ◇ Procedimientos de conexión de dispositivos personales
 - ◇ Guías para uso de software especializado
 - ◇ Protocolos de soporte técnico
- **Documentación Visual de Estándares**
 - Fotografías de estados ideales de organización
 - Listas de verificación visual (checklists)
 - Instructivos gráficos para procedimientos
 - Señalización estandarizada institucional
- **Programas de Capacitación en Estándares**
 - Inducción para nuevo personal y estudiantes
 - Capacitación de repaso semestral (refresher training)
 - Programas de certificación en uso de equipos especializados

- Programas de mentoría y capacitación entre pares (peer training)

5. S: Shitsuke (Sostener) – Cultura de Mejora Continua

■ Cultura Organizacional en Espacios Educativos

a) Sistemas de auditoría

- Auditorías mensuales de cumplimiento de 5S
- Herramientas de autoevaluación para usuarios de espacios
- Programas de auditoría entre pares (peer audit)
- Auditoría externa por comités institucionales

b) Sistemas de reconocimiento y recompensa

- Reconocimiento a mejores prácticas de organización
- Competencias amistosas entre departamentos
- Exposición institucional de mejores ejemplos
- Integración con sistemas de evaluación docente

c) Mecanismos de mejora continua

- Buzones de sugerencias para mejoras en organización
- Revisión periódica de la efectividad de estándares

- Actualizaciones basadas en cambios tecnológicos
- Adaptación a nuevas modalidades educativas

4.3.11 Gemba Walk, Recorrido Gemba Estructurado para Líderes Educativos

1. Filosofía de Gemba Educativo (Ir al Lugar donde Realmente Sucede el Trabajo):

El Gemba educativo implica que los líderes y tomadores de decisiones acudan regularmente a los lugares donde realmente ocurre el proceso educativo para observar, aprender y mejorar (Bremer, 2015).

2. Preparación del Gemba Walk

■ Definición de Objetivos Específicos

- ¿Qué proceso específico se va a observar?
- ¿Qué preguntas específicas se busca responder?
- ¿Qué indicadores se van a observar en acción?
- ¿Qué actores educativos se van a involucrar?

■ Planificación de la Visita

- Coordinación previa con docentes y estudiantes
- Selección del momento apropiado (clases representativas)

- Preparación de herramientas de observación
- Comunicación clara del propósito no punitivo

3. Proceso de Observación en el Gemba:

■ Aspectos a Observar

- **Patrones de Participación Estudiantil**
 - Niveles de atención durante diferentes actividades
 - Participación activa vs. pasiva
 - Interacciones entre pares
 - Uso de tecnología educativa
- **Indicadores de Efectividad Docente**
 - Claridad en las explicaciones
 - Uso eficiente del tiempo de clase
 - Adaptación a diferentes estilos de aprendizaje
 - Manejo de dinámicas grupales
- **Eficiencia en el Flujo de Procesos**
 - Transiciones entre actividades
 - Uso de los recursos disponibles
 - Identificación de tiempos de espera
 - Cuellos de botella en los procesos de aprendizaje
- **Impacto del Entorno Físico**

- Optimización del diseño del aula para las actividades
- Funcionalidad de la tecnología disponible
- Comodidad y ergonomía de los espacios
- Condiciones de seguridad y accesibilidad

4. Marco de Preguntas para el Gemba

■ Para Estudiantes:

- ¿Qué parte de esta clase encuentras más valiosa para tu aprendizaje?
- ¿Qué obstáculos encuentras para participar activamente?
- ¿Cómo podrías mejorar tu propia experiencia de aprendizaje?
- ¿Qué recursos adicionales te serían más útil?

■ Para Docentes:

- ¿Qué aspecto de esta clase consideras que funciona mejor?
- ¿Dónde identificas las mayores oportunidades de mejora?
- ¿Qué apoyo necesitas para ser más efectivo?

- ¿Cómo evalúas el éxito en esta actividad específica?

■ **Para Personal de Apoyo:**

- ¿Cómo impacta este proceso en tu trabajo diario?
- ¿Qué cambios facilitarían tu capacidad de brindar apoyo?
- ¿Dónde percibes desperdicios o ineficiencias?
- ¿Qué ideas tienes para mejorar este proceso?

5. Análisis y Acción Posterior al Gemba

■ **Documentación de Observaciones Inmediatas**

- Registro de observaciones objetivas
- Identificación de patrones y tendencias
- Documentación de comentarios significativos
- Registro fotográfico de condiciones (con permisos apropiados)

■ **Integración con el Análisis de Causa Raíz**

- Conexión entre observaciones y resultados institucionales
- Identificación de problemas sistémicos vs. problemas aislados

- Análisis de correlación con datos cuantitativos disponibles
 - Desarrollo de hipótesis para las causas identificadas
- **Planificación Colaborativa de Acciones**
 - Co-creación de soluciones con los actores observados
 - Priorización basada en impacto y factibilidad
 - Asignación de responsabilidades específicas
 - Elaboración de un cronograma para la implementación

6. Seguimiento mediante Nuevos Gemba Walks

- Regresos programados para evaluar el progreso
- Observación de la efectividad de los cambios implementados
- Aprendizaje continuo y ajuste de enfoques
- Documentación de lecciones aprendidas para su institucionalización

7. Métricas del Gemba en Educación

- **Indicadores de Proceso (Leading Indicators):**

- Frecuencia de recorridos Gemba walks por líder académico
 - Número de ideas accionables generadas
 - Tiempo de respuesta entre observación y acción
 - Nivel de participación de los actores educativos en la mejora de procesos
- **Indicadores de Resultado (Lagging Indicators):**
 - Índices de satisfacción estudiantil después de la implementación
 - Mejoras en indicadores de rendimiento académico
 - Incrementos en la eficiencia de los procesos medidos
 - Indicadores de cambio cultural (compromiso del personal, etc.)

4.3.12 Diagrama Espagueti (Spaghetti Diagrams)

Spaghetti Diagrams, es un mapa del proceso que permite registrar el flujo de personas, productos e información dentro de un espacio físico para identificar ineficiencias en su ejecución. Ejemplos:

- Mapeo de movimientos físicos de estudiantes
- Análisis de flujos de documentos
- Identificación de movimientos innecesarios

- Optimización de distribución (layouts) de espacios educativos

La aplicación práctica de esta técnica en contextos universitarios se ilustra en la Figura 16, que muestra dos ejemplos de diagramas de espagueti aplicados al análisis de recorridos docentes en una universidad.

Figura 16:

Ejemplo Diagrama de Espagueti, Recorrido Docente



Figura 16.1. Universidad Técnica del norte

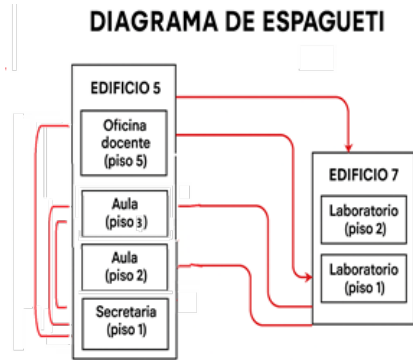


Figura 16.2. Diagrama Espagueti

Nota: Universidad Técnica del Norte y Autores.

- **Cargo:** Docente universitario (Ingeniería)
- **Edificio 5:** Secretaría – piso 1, Aulas – pisos 2,3,4, Oficina Docente – piso 5
- **Edificio 7:** Laboratorios – pisos 1 y 2
- **Nodos visitados (orden típico):** Entrada → Oficina docente → Aula A (piso 3) → Aula B (piso 2) → Laboratorio →

Secretaría → Oficina → Salida

- **Objetivo:** visualizar desplazamientos físicos en un día de clases/prácticas y detectar movimientos redundantes.

4.3.13 Eliminación de Cuellos de Botella

Un estudio de tiempo (Time Studies) Educativo, mediante la medición de tiempos en procesos, análisis de tiempos que no agregan valor, evaluación de eficiencia en uso de recursos, se logra identificación de cuellos de botella críticos. Los cuellos de botella, esto es, aquellos procesos educativos de cualquier ámbito que se ejecutan a la velocidad del más lento (**GuerreroGallardo2019**) requieren análisis específico y soluciones, ejemplo la teoría de las restricciones: **Metodología de la Teoría de las Restricciones Educativa, Theory of Constraints (TOC)**

1. Identificar la Restricción

- Análisis de capacidad por proceso
- Identificación del paso más lento
- Evaluación de demanda vs capacidad
- Cuantificación del impacto de la restricción

2. Explotar la Restricción

- Maximización de eficiencia en el cuello de botella
- Eliminación de tiempo muerto
- Optimización de recursos en el proceso crítico
- Reducción de variabilidad

3. **Alinear Todo lo Demás**

- Alineación de procesos hacia arriba y hacia abajo (upstream y downstream)
- Balanceo de cargas de trabajo
- Sincronización de actividades relacionadas
- Gestión de amortiguadores (buffer) apropiados

4. **Elevar la Restricción**

- Inversión adicional en capacidad del cuello de botella
- Tecnología para aumentar rendimiento (throughput)
- Personal adicional cuando sea necesario
- Mejoras de proceso en el punto crítico

5. **Repetir el Proceso**

- Identificación de nueva restricción
- Mejora continua del sistema completo

- Monitoreo constante de performance
- Adaptación a cambios de demanda

4.3.14 Flujo de una Pieza a la vez (One-Piece Flow)

La implementación de flujo de una pieza en educación se enfoca en procesar estudiantes/documentos/información de manera individual en lugar de por lotes.

Beneficios del One-Piece Flow Educativo:

- Reducción significativa de plazos de entrega (lead times)
- Detección temprana de problemas de calidad
- Mayor flexibilidad para atender necesidades específicas
- Reducción de Inventario en Proceso (work-in-process inventory, WIP)

Aplicaciones Específicas:

- Procesamiento individual de aplicaciones de admisión
- Atención personalizada en servicios estudiantiles
- Evaluación y retroalimentación individual de tareas
- Seguimiento personalizado de progreso académico

4.3.15 Mejora Continua, Kaizen en Educación

El Kaizen educativo se enfoca en mejoras pequeñas, incrementales y continuas en todos los procesos académicos y administrativos.

Filosofía Kaizen Educativa:

1. Orientación al Proceso

- Focus en mejora de procesos antes que resultados
- Entendimiento de que mejores procesos generan mejores resultados
- Documentación y estandarización de mejores prácticas
- Medición y monitoreo continuo de procesos

2. Pensamiento Sistémico

- Consideración de impactos en todo el sistema educativo
- Análisis de interdependencias entre procesos
- Optimización global vs. local
- Alineación con objetivos institucionales

3. Participación Total

- Involucramiento de todos los niveles organizacionales
- Empoderamiento para proponer e implementar mejoras

- Cultura de respeto y valoración de ideas
- Reconocimiento y celebración de contribuciones

4.3.15.1. Eventos Kaizen en Educación

Los eventos Kaizen son workshops intensivos de 3-5 días enfocados en mejoras específicas:

Estructura del Kaizen Event:

- **Día 1: Entrenamiento y Definición**
 - Capacitación en herramientas Lean
 - Definición del problema y objetivos
 - Formación del equipo multidisciplinario
 - Establecimiento de métricas de éxito
- **Día 2: Análisis del Estado Actual**
 - Mapeo detallado del proceso actual
 - Recolección de datos de desempeño
 - Identificación de desperdicios y oportunidades
 - Análisis de causas raíz
- **Día 3: Diseño del Estado Futuro**
 - Brainstorming de soluciones

- Diseño del proceso mejorado
- Análisis de impacto y factibilidad
- Desarrollo de plan de implementación

■ **Día 4: Implementación Piloto**

- Implementación de mejoras diseñadas
- Pruebas y ajustes de soluciones
- Capacitación en nuevos procesos
- Documentación de cambios

■ **Día 5: Validación y Plan de Seguimiento**

- Validación de resultados obtenidos
- Desarrollo de plan de control
- Establecimiento de métricas de monitoreo
- Presentación de resultados a liderazgo

4.4 Otras Metodologías y Enfoques Complementarios

4.4.1 Gestión de Proyectos

La aplicación de metodologías de gestión de proyectos en el contexto educativo universitario para optimizar la planificación, ejecución y control de iniciativas académicas tiene como propósito principal

asegurar el cumplimiento de los objetivos educativos dentro de las restricciones de tiempo, recursos y calidad. La gestión de proyectos se divide en cinco macroprocesos clave:

- **Inicio:** Definición de los objetivos principales.
- **Planificación:** Establecimiento del método para el desarrollo de las metas.
- **Ejecución:** Aplicación de las estrategias necesarias para lograr los objetivos.
- **Control:** Supervisión y monitoreo constante del progreso.
- **Cierre:** Fase de aceptación, retroalimentación y confirmación de satisfacción.

Al adaptar buenas prácticas de gestión de proyectos, se busca estandarizar la gestión educativa para mejorar el modelo y obtener la calidad en la formación continua de los estudiantes y el profesionalismo de los egresados. Los procesos que rigen el control de calidad en la gestión educativa están directamente soportados por el plan de estudios. La estandarización abarca varios aspectos de gestión:

- **Gestión de la Integración:** Incluye la definición de las características, funcionalidades y soporte del producto o servicio,

así como los lineamientos, objetivos, factores críticos de éxito, fases, principales entregables e interesados clave.

- **Gestión del Alcance:** Se centra en las fases del modelo de gestión educativa.
- **Gestión del Tiempo:** Se controla mediante el seguimiento semanal del sílabo de clases, que debe ser subido a la plataforma al inicio del ciclo, incluyendo las herramientas, medios y requerimientos utilizados para las mejores prácticas del curso dictado.
- **Ciclo de Vida del Docente:** Se considera el seguimiento del ciclo por semestre académico.
- **Evaluación del Modelo:** Incluye las fases del proyecto, actividades e indicadores de evaluación del modelo de gestión educativa.

La Gestión de Calidad mejora los procesos académicos, utilizando herramientas tales como Matriz de Calidad para definir estándares y establecer actividades de prevención, mitigación y desarrollo de controles o el Diagrama Ishikawa (o Diagrama de Causa y Efecto): para identificar la causa y el origen de los problemas en los procesos (Valle Peláez & Epifanía Huerta, 2020).

4.4.2 Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP)

El Aprendizaje Basado en Proyectos integra principios de gestión de proyectos profesional con metodologías pedagógicas, creando experiencias de aprendizaje que simultáneamente desarrollan competencias técnicas y habilidades de gestión (Renata, 2022).

4.4.2.1. Marco Integrado ABP-Gestión de Proyectos

Fase 1: Iniciación del Proyecto y Definición de Objetivos de Aprendizaje

1. **Carta de Proyecto Educativa:** La carta integra objetivos de aprendizaje con entregables tangibles (Belimane, 2024):

Componentes de la Carta de Proyecto:

- **Resultados de Aprendizaje:** Competencias específicas a desarrollar.
- **Alcance del Proyecto:** Alcance técnico del proyecto a realizar.
- **Análisis de Partes Interesadas:** Identificación de beneficiarios del proyecto.
- **Criterios de Éxito:** Criterios de éxito académicos y técnicos.

- **Requisitos de Recursos:** Recursos educativos y técnicos necesarios.
- **Cronograma:** Cronograma alineado con calendario académico.

Ejemplo - Proyecto de Desarrollo de Sistema Web:

- **Resultados de Aprendizaje:** Programación web, bases de datos, diseño de interfaz/experiencia de usuario (UI/UX).
- **Alcance del Proyecto:** Sistema de gestión académica para los interesados.
- **Interesados:** Estudiantes desarrolladores, docentes usuarios, administradores.
- **Criterios de Éxito:** Funcionalidad completa + evaluación académica.
- **Recursos:** Laboratorio de computación, servidor, Técnico facilitador.
- **Cronograma:** 16 semanas (semestre académico).

2. Plan de Involucramiento de Interesados

Plan específico para involucrar diferentes tipos de interesados educativos:

Interesados Académicos:

- Estudiantes: Participación en todas las fases del proyecto.
- Docentes: Mentoría técnica y evaluación de competencias.
- Mentores de la Industria: Orientación sobre estándares industriales.
- Usuarios Finales: Retroalimentación continua sobre funcionalidad desarrollada.

Interesados Profesionales:

- Patrocinadores del Proyecto: Departamentos que financian/patrocinan proyectos.
- Asesores Técnicos: Expertos que proporcionan consultoría especializada.
- Revisores de Calidad: Personal que evalúa estándares profesionales.
- Socios de Implementación: Organizaciones que adoptarán resultados.

Fase 2: Planificación del Proyecto y Diseño de Aprendizaje

1. Estructura de Desglose de Trabajo (EDT) Educativa:

La EDT integra entregables técnicos con hitos de aprendizaje:

Nivel 1: Entregables Principales

- Análisis de Requisitos y Reflexión de Aprendizaje.
- Diseño del Sistema y Documentación Técnica.
- Implementación y Revisión de Código (Code Review).
- Pruebas y Aseguramiento de Calidad.
- Plan de implementación y Capacitación de Usuarios.
- Documentación del Proyecto y Evaluación de Aprendizaje.

Nivel 2: Tareas Integradas con Aprendizaje

Cada entregable se subdivide integrando actividades técnicas con reflexión académica:

Ejemplo - Análisis de Requisitos:

- Entrevistas con Interesados (competencia: comunicación profesional).
- Documentación de Requisitos (competencia: documentación técnica).
- Entrada en el Diario de Aprendizaje (competencia: reflexión crítica).
- Sesión de Revisión entre Pares (competencia: evaluación constructiva).

2. Desarrollo del Cronograma con Ritmo de Aprendizaje

El cronograma considera tanto requisitos técnicos como ritmos de aprendizaje (Barba et al., 2022):

Método de la Ruta Crítica (MRC/CPM) Educativo:

- Identificación de actividades críticas para aprendizaje.
- Análisis de Holgura para actividades de refuerzo.
- Nivelación de Recursos considerando carga académica total.
- Alineación de hitos con evaluaciones académicas.

Integración de la Curva de Aprendizaje:

- Carga Inicial de capacitación en tecnologías nuevas.
- Aprendizaje Justo a Tiempo para herramientas específicas.
- Andamiaje de competencias complejas.
- Oportunidades de Enseñanza entre Pares en transferencia de conocimiento.

Fase 3: Ejecución del Proyecto y Aprendizaje Activo

1. Reuniones Diarias de Seguimiento Educativas

Adaptación de metodologías ágiles para contexto de aprendizaje (Belimane, 2024):

Estructura de Reuniones Diarias:

- Lo que aprendí ayer: Reflexión sobre aprendizajes técnicos y habilidades blandas.
- Lo que planeo aprender hoy: Objetivos de aprendizaje y entregables técnicos.
- Qué obstáculos están bloqueando mi aprendizaje: Impedimentos técnicos y conceptuales.
- Cómo puedo ayudar a mis compañeros a aprender: Oportunidades para enseñanza entre pares.

2. Revisiones de Sprints con Evaluación Académica

Revisiones periódicas que integran evaluación técnica con evaluación académica (Belimane, 2024):

Componentes de la Revisión de Sprint:

- Demostración Técnica: Demostración de funcionalidad desarrollada.
- Presentación del Portafolio de Aprendizaje: Exhibición de competencias desarrolladas.

- Sesión de Retroalimentación entre Pares: Evaluación constructiva entre estudiantes.
- Evaluación de Estándares de la Industria: Evaluación contra estándares profesionales.
- Reflexión y Planificación de Aprendizaje: Identificación de brechas de aprendizaje y próximos pasos.

4.4.3 Ciclo PHVA (Planear-Hacer-Verificar-Actuar) Adaptado al Desarrollo Curricular

El ciclo PHVA (o, PDCA, Plan-Do-Check-Act) aplicado al desarrollo curricular proporciona un marco sistemático para la mejora continua de programas académicos, asegurando que los currículos evolucionen continuamente para satisfacer necesidades cambiantes de estudiantes, industria y sociedad.

4.4.3.1. PLANEAR - Diseño Curricular Basado en Evidencia

1. Análisis de Contexto y Necesidades

La implementación de mejoras en los procesos educativos requiere un análisis comprehensivo del contexto institucional y las necesidades de los stakeholders principales. Este análisis debe incorporar múltiples fuentes de información para garantizar

un diseño curricular alineado con demandas actuales y futuras.

Exploración del Ambiente Educativo:

- **Análisis del Mercado Laboral:** Tendencias de empleo, brechas de competencias identificados por empleadores
- **Tendencias de La Tecnología:** Permanente evolución tecnológica que impacta al ambiente educativo
- **Cambios regulatorios y estándares de acreditación:** Nuevas regulaciones profesionales y estándares de acreditación
- **Necesidades Sociales:** Necesidades emergentes de la sociedad que la educación debe abordar
- **Análisis de la Competencia:** Benchmarking con programas similares a nivel nacional e internacional

Necesidades de los actores clave (Stakeholders):

a) Análisis de la Voz del Estudiante (VOC):

- **Estudiantes Regulares:** Encuestas y grupos focales (Focus groups) sobre experiencias y expectativas
- **Graduados y Egresados:** Estudios de seguimiento sobre éxito profesional y efectividad del programa

- Estudiantes potenciales: Investigación de mercado sobre preferencias y expectativas

b) Integración de Retroalimentación de Empleados:

- Encuesta gerentes de contratación: Competencias más valoradas en nuevos graduados
- Revisión de Evaluaciones de Desempeño: Evaluaciones de desempeño de graduados
- Paneles Sectoriales: Comentarios de expertos sobre la Relevancia del Currículo. (Docentes y expertos con experiencia en la enseñanza e integración de la investigación).

c) Colección de aportes de la facultad:

- Conocimiento experto: Ideas de la facultad sobre la evolución disciplinaria
- Experiencia docente: lecciones aprendidas de la entrega del plan de estudios actual
- Integración de la investigación: Oportunidades para integrar la investigación de vanguardia

2. Definición de Resultados de Aprendizaje Desarrollo del Marco de Competencias

Es necesario el desarrollo de un marco integral de competencias que articule tanto las competencias técnicas como las habilidades blandas esenciales (Wagenaar & González, 2005).

Competencias Técnicas

- **Conocimientos Fundamentales:** Conceptos básicos que todo graduado debe dominar.
- **Habilidades Aplicadas:** Competencias prácticas que permiten una contribución inmediata en el entorno laboral.
- **Conocimientos Especializados:** Conceptos avanzados para roles específicos.
- **Tecnologías Emergentes:** Competencias relacionadas con innovaciones que transforman los sectores profesionales (De la Torre, 2024).

Integración de Habilidades Blandas

- **Comunicación:** Expresión oral, escrita y digital en diversos contextos.
- **Colaboración:** Trabajo en equipo, liderazgo y competencia intercultural.
- **Pensamiento Crítico:** Análisis, resolución de problemas y toma de decisiones.

- Adaptabilidad: Agilidad en el aprendizaje y competencias en gestión del cambio (C. & Y., 2017a).

Especificación de Resultados de Aprendizaje

Cada resultado de aprendizaje debe cumplir con el criterio SMART (Específico, Medible, Alcanzable, Relevante y con un Tiempo definido).

Ejemplo – Programa de Ciencias de la Computación:

- Específico: “Los estudiantes diseñarán e implementarán sistemas de bases de datos.”
- Medible: “Aplicando técnicas de normalización hasta la 3FN.”
- Alcanzable: “Para aplicaciones de complejidad moderada (≤ 10 entidades).”
- Relevante: “Alineado con los estándares de gestión de datos en la industria.”
- Tiempo definido: “Al concluir el curso de Diseño de Bases de Datos.”

3. Diseño de la Arquitectura Curricular Diseño Curricular Modular

La propuesta de diseño se basa en una estructura modular, que facilita la flexibilidad y la mejora continua (Storoszczuk Durán, 2024).

Categorías de Módulos

a) Módulos Fundamentales (25–30 %):

- Conocimientos esenciales previos.
- Desarrollo de habilidades básicas.
- Introducción al pensamiento disciplinar.

b) Módulos Profesionales Centrales (40–45 %):

- Conocimiento específico de la disciplina.
- Desarrollo de competencias profesionales.
- Dominio de herramientas estándar en la industria.

c) Módulos de Especialización (15–20 %):

- Profundización en un área elegida.
- Oportunidades de aplicación avanzada.
- Proyectos de investigación o profesionales.

d) Módulos de Integración (10–15 %):

- Experiencias de cierre (capstone).
- Proyectos interdisciplinarios.
- Preparación para la transición profesional.

Secuencia y Prerrequisitos

- Progresión Lógica: El conocimiento se construye de lo básico a lo avanzado.
- Integración de Competencias: Espacios de práctica y articulación de habilidades múltiples.
- Aprendizaje Justo a Tiempo: Introducción de conceptos cuando son requeridos.
- Refuerzo: Múltiples oportunidades de fortalecer competencias críticas.

4.4.3.2. HACER – Implementación Piloto del Currículo

1. Estrategia para la Implementación del Programa Piloto

- Cohorte Representativa: Estudiantes que reflejen la población meta.
- Escala Manejable: Tamaño adecuado para un monitoreo intensivo.
- Recursos Disponibles: Docentes y materiales adecuados para garantizar calidad.
- Alineación de Actores: Apoyo de docentes clave y autoridades.

Fases de Implementación

a) **Fase de Desarrollo Docente (Pre-implementación):**

- Programas de Entrenamiento: Formación intensiva en nuevas metodologías pedagógicas.
- Desarrollo de Recursos: Creación de materiales y herramientas de evaluación.
- Integración Tecnológica: mediante plataformas y herramientas digitales.
- Soporte: Establecimiento de mecanismos de apoyo docente.

b) **Fase de Inducción Estudiantil:**

- Establecer Expectativas: Comunicación clara de nuevos enfoques y expectativas.
- Servicios de apoyo: Servicios de apoyo académico mejorado para los participantes.
- Mecanismos de Retroalimentación: Mecanismos de retroalimentación continua.
- Redes de Pares: Facilitar Redes de apoyo entre pares.

c) **Implementación Progresiva:**

- Módulo por Módulo: Introducción gradual de nuevos componentes curriculares.

- Ajuste Continuo: Ajustes en tiempo real basados en retroalimentación de experiencias de implementación.
- Apoyo Oportuno: Apoyo adicional en áreas críticas.
- Escalamiento: Escalamiento de prácticas exitosas.

2. Sistemas de Recolección de Datos

Recolección de Datos Multifuente: Estrategia integral de recopilación de datos que captura tanto evidencia cuantitativa como cualitativa sobre la efectividad de la implementación.

Datos de Desempeño Académico:

- Distribución de Calificaciones: Comparación con datos históricos de desempeño.
- Resultados de Evaluaciones de Aprendizaje: Evaluación directa del logro de los resultados de aprendizaje.
- Tiempo de Finalización: Seguimiento de la progresión de los estudiantes a lo largo del programa.
- Tasas de Retención: Monitoreo de la persistencia y el compromiso estudiantil.

Datos de Experiencia Estudiantil:

- Encuestas de Satisfacción: Medición regular de la satisfacción y el compromiso estudiantil.

- Diarios de Reflexión de Aprendizaje: Información cualitativa sobre las experiencias de aprendizaje.
- Entrevistas en Grupos Focales: Conversaciones en profundidad sobre aspectos específicos.
- Entrevistas de Egreso: Retroalimentación integral al finalizar los módulos o el programa.

Datos de Experiencia Docente:

- Efectividad de la Enseñanza: Evaluación de la calidad y efectividad de la enseñanza.
- Adecuación de Recursos: Retroalimentación sobre la disponibilidad y calidad de los recursos.
- Necesidades de Desarrollo Profesional: Identificación de necesidades de apoyo continuo.
- Documentación de Innovaciones: Registro de innovaciones y adaptaciones en la enseñanza.

Datos de Retroalimentación de Empleadores:

- Evaluaciones de Prácticas Profesionales: Evaluación del desempeño de los estudiantes en entornos laborales.
- Factores en Decisiones de Contratación: Elementos que

influyen en las decisiones de contratación de los empleadores.

- **Identificación de Brechas de Competencias:** Áreas donde los graduados requieren mayor desarrollo.
- **Reputación del Programa:** Percepción del programa dentro de la industria.

4.4.3.3. VERIFICAR – Evaluación Integral de Resultados

1. Evaluación de Resultados de Aprendizaje Métodos Directos

- **Proyectos Finales:** Demostración de competencias integrales adquiridas (capstone).
- **Evaluación de portafolios:** Recopilación de evidencia que demuestre el aprendizaje
- **Simulaciones profesionales:** Evaluación del rendimiento en escenarios simulados.
- **Exámenes estandarizados de competencias:** Medición objetiva contra estándares establecidos.

Métodos Indirectos

- **Encuestas de Autoevaluación:** Autoevaluaciones estudiantiles en el desarrollo de competencias.

- Evaluaciones por pares: Evaluación de compañeros en el desarrollo de competencias colaborativas.
- Seguimiento de egresados: Evaluar el éxito y satisfacción personal.
- Encuestas a empleadores: Validar la preparación de graduados.

Garantía de la Calidad de la evaluación:

- Confiabilidad: Consistencia entre diferentes evaluadores
- Estudios de validez: Confirmación de que las evaluaciones miden las competencias previstas
- Mitigación del sesgo: Procedimientos para minimizar el sesgo de evaluación
- Calibración continua: revisión periódica y ajuste de estándares de evaluación

2. Análisis Comparativo Comparación histórica:

- Promedios de calificaciones: Comparación con versiones anteriores del plan de estudios
- Tasas de graduación: Tasas de finalización de análisis y tiempo hasta la graduación

- Resultados de empleo: Tasas de colocación laboral y salarios iniciales
- Admisión a la escuela de posgrado: éxito en la búsqueda de educación avanzada

Evaluación comparativa de instituciones pares:

- Rendimiento académico: Comparación con programas similares
- Eficiencia de los recursos: Costo por graduado y utilización de recursos
- Reconocimiento de la industria: Reputación y comparaciones de clasificación
- Índice de Innovación: Nivel de innovación y adaptación curricular

3. Análisis de satisfacción de las partes interesadas Métricas de satisfacción de los estudiantes:

- Puntuación Neta de Promotor (NPS): Probabilidad de recomendar el programa hacia otros
- Calificaciones de evaluación de cursos: comentarios detallados sobre cursos individuales

- Servicios Satisfacción: Calidad de los servicios de apoyo académico
- Calificación general de la experiencia: Evaluación integral de la experiencia del programa

Evaluación de satisfacción del empleador:

- Calificaciones de desempeño de los graduados: qué tan bien se desempeñan los graduados en el lugar de trabajo
- Preferencia de contratación: Preferencia para contratar egresados del programa
- Habilidades Adecuadas: Evaluación de los niveles de habilidad de los graduados
- Voluntad de asociación: Interés en colaboración continua.

4.4.3.4. ACTUAR – Mejora Continua y Estandarización

1. Marco de Toma de Decisiones

Proceso de decisión basado en evidencia:

- Integración de datos: Síntesis de toda la evidencia recopilada en un análisis exhaustivo
- Aporte de las partes interesadas: Incorporación de la retroalimentación de las partes interesadas en el proceso de

decisión

- **Análisis de costo-beneficio:** Evaluación de las implicaciones de los recursos de los cambios potenciales
- **Evaluación de riesgos:** Evaluación de riesgos asociados con diferentes cursos de acción

Categorías de decisión:

- **Continuar como se implementó:** la evidencia respalda el enfoque actual
- **Ajustes menores:** Pequeñas modificaciones para optimizar la efectividad
- **Revisiones importantes:** Se necesitan cambios significativos basados en la evidencia
- **Interrupción del tratamiento:** la evidencia sugiere que el enfoque no es viable

2. Implementación de mejora continua Planificación de mejoras:

- **Clasificación de prioridades:** Ordenar mejoras por impacto y viabilidad
- **Asignación de recursos:** Asegurar los recursos necesarios para la implementación de mejoras

- Desarrollo de cronograma: Programación realista de actividades de mejora
- Asignación de responsabilidades: Responsabilidad clara para la ejecución de la mejora

Gestión del cambio:

- Estrategia de comunicación: Mantener informados a los grupos de interés sobre los cambios y la justificación
- Programas de capacitación: Garantizar que la facultad y el personal estén preparados para los cambios
- Sistemas de apoyo: Proporcionar apoyo adecuado durante los períodos de transición
- Manejo de la resistencia al cambio: Abordar las preocupaciones y la resistencia hacia los cambios

3. Ampliación e institucionalización Estrategia de escalado:

- Expansión gradual: Implementación gradual hacia otras cohortes / programas
- Planificación de recursos: Garantizar recursos adecuados para la plena implementación

- Mantenimiento de la calidad: Mantener los estándares de calidad durante el escalado
- Sistemas de retroalimentación: Monitoreo continuo durante la expansión

Institucionalización:

- Integración de políticas: Incorporación de mejoras en las políticas institucionales
- Procedimientos estándar: Desarrollo de procedimientos operativos estándar
- Garantía de calidad: Establecimiento de sistemas de control de calidad continuos
- Revisión continua: Ciclos de revisión regulares para la mejora continua

Documentación y Gestión del Conocimiento:

- Documentación de procedimientos recomendados: Registro de enfoques exitosos para replicación
- Lecciones aprendidas: Capturar información para futuros ciclos de mejora
- Materiales de capacitación: Desarrollo de materiales para incorporar nuevo personal

- Repositorio: Creación de repositorios accesibles de conocimiento de mejora

La implementación del ciclo PHVA en educación superior puede desglosarse en componentes específicos para cada fase. Los componentes de la fase de PLANEAR se resumen en la Tabla 48, que incluye análisis contextual, necesidades estudiantiles y retroalimentación de múltiples actores.

Tabla 48:
Resumen de componentes en cada fase

Componente	Descripción
Análisis del contexto	Tendencias laborales, tecnológicas, regulatorias y sociales
Necesidades de estudiantes	Encuestas, grupos focales y estudios de seguimiento
Retroalimentación de empleadores	Competencias valoradas, desempeño y pertinencia curricular
Aportes docentes	Conocimiento experto, experiencias e integración de la investigación

Nota: Autores Elaboración Propia, Resumen de componentes en la fase de PLANEAR

La fase de HACER implica acciones concretas de implementación, cuyos componentes principales se detallan en la Tabla 49, incluyendo desarrollo docente, inducción estudiantil y despliegue progresivo.

Tabla 49:*Resumen de componentes en la fase de HACER*

Etapa	Acciones principales
Desarrollo docente	Capacitación, creación de materiales, integración tecnológica
Inducción estudiantil	Definición de expectativas, redes de apoyo y retroalimentación
Despliegue progresivo	Introducción gradual de módulos, ajustes y escalamiento

Nota: Autores Elaboración Propia

La fase de VERIFICAR requiere métodos específicos de evaluación, como se presenta en la Tabla 50, que incluye métodos directos, indirectos, comparativos y de satisfacción.

Tabla 50:*Resumen de componentes en la fase de VERIFICAR*

Método	Ejemplo de aplicación
Directos	Proyectos integradores, portafolios, simulaciones
Indirectos	Autoevaluaciones, encuestas a empleadores
Comparativos	Promedios académicos, tasas de graduación
Satisfacción	Net Promoter Score, evaluaciones de cursos

Nota: Autores Elaboración Propia

Finalmente, la fase de ACTUAR se enfoca en la consolidación y mejora continua, cuyos componentes se resumen en la Tabla 51, que incluye ajustes menores y estrategias de escalamiento.

Tabla 51:*Resumen de componentes en la fase de ACTUAR*

Componente	Descripción
Ajustes menores	Modificaciones puntuales para optimizar la efectividad
Escalamiento	Expansión gradual hacia otros programas y cohortes

Nota: Autores Elaboración Propia

4.4.4 Simulación y Modelado para Optimización Educativa

El uso de herramientas cuantitativas de simulación y modelado en la gestión educativa universitaria permite optimizar recursos, predecir resultados y evaluar el impacto de diferentes políticas y estrategias antes de su implementación. En contextos con alta incertidumbre y variabilidad (por ejemplo, en América Latina), estas técnicas proporcionan evidencia para decisiones estratégicas en planificación académica (Al-Kharusi, 2017a; Karunarathne & Dhananjana, 2022; Shen et al., 2024).

4.4.4.1. Distribuciones Probabilísticas y Simulación de Monte Carlo

La simulación de Monte Carlo es útil al modelar explícitamente la incertidumbre de variables como crecimiento demográfico, factores económicos, competencia interinstitucional y reputación. Para la pre-

dicción de demanda se emplean entradas con distribuciones probabilísticas que aproximan el comportamiento real observado (Shen et al., 2024).

4.4.4.2. Aplicación en Optimización de Recursos Docentes

Modelo para determinar dotación de personal óptimo considerando variabilidad en carga de trabajo. El dimensionamiento del cuerpo docente considera: variabilidad de matrícula por curso, ausentismo, tiempo de preparación y carga administrativa. El objetivo es equilibrar costo, nivel de servicio y riesgo (probabilidad de déficit de capacidad). En la práctica se formulan problemas de optimización entera/lineal para apoyo a la decisión (Ryńca & Ziaecian, 2025).

Lógica de simulación aplicada: código de la simulación (Monte Carlo):

Parámetros del Modelo:

- Variabilidad de Matrícula: Distribución de estudiantes por curso
- Ausentismo Docente: Probabilidad de ausencias por enfermedad, emergencias
- Variabilidad en Preparación: Tiempo variable requerido para preparación de clases

- Carga Administrativa: Fluctuaciones en responsabilidades no docentes

Optimización de Resultados

- Minimizar Costo: Tamaño óptimo del profesorado que minimiza el coste total
- Maximizar Nivel de Servicio: Asignación de docentes y satisfacción de los estudiantes
- Equilibrio Costo-Servicio: Frontera de Pareto entre rentabilidad y calidad del servicio
- Gestión de Riesgos: Probabilidad de déficit de capacidad y estrategias de mitigación.

Optimización de Recursos Docentes (ejemplo):

Modelo de distribución óptima de carga:

Variables de Decisión:

- Número de docentes por departamento
- Distribución de horas de clase
- Asignación de actividades de investigación
- Programación de períodos sabáticos

Función Objetivo:

La función objetivo para la optimización de recursos docentes se define en la ecuación 9:

$$\text{Max } \sum_{i=1}^n (Q_i \times E_i) - \sum_{j=1}^m C_j \quad (9)$$

Donde:

- Q_i : Calidad educativa del recurso i
- E_i : Eficiencia operativa del recurso i
- C_j : Costo operacional j
- n : Número de recursos docentes
- m : Número de categorías de costos

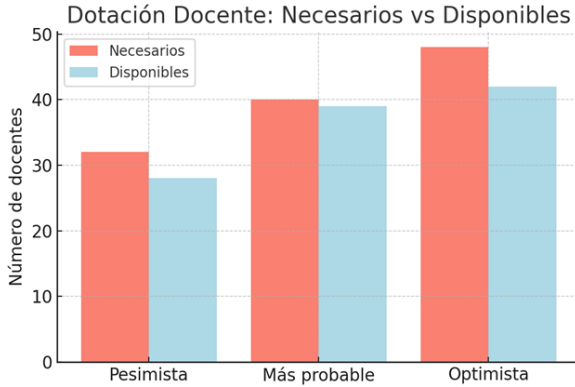
Restricciones:

- Capacidad máxima por aula: 45 estudiantes
- Carga docente máxima: 16 horas/semana
- Presupuesto disponible: \$2,500,000/año
- Ratio estudiante-docente: $\leq 25:1$

La aplicación práctica de este modelo de optimización se visualiza en la Figura 17, que compara la cantidad de docentes necesarios versus los disponibles bajo diferentes escenarios operativos.

Figura 17:

Comparación entre docentes necesarios y disponibles por escenario



Nota: Autores, OpenAI (2025).

4.4.4.3. Aplicación en Planificación Financiera con Incertidumbre

La sostenibilidad económica universitaria depende de la gestión adecuada de la incertidumbre financiera. Las fuentes principales incluyen ingresos por matrícula, financiamiento público, costos operativos e inversiones de capital. Para presupuestos académicos se integra la variabilidad de ingresos por matrícula, financiamiento público, costos operativos e inversiones de capital.

Un esquema general (con tasas aleatorias) es el Modelo conceptual de flujo de caja. Este modelo representa el cálculo del flujo de efectivo en un período t , considerando diversas variables que pueden fluctuar según distribuciones probabilísticas específicas. Esto es par-

tualmente útil para proyecciones financieras en entornos inciertos.

Fuentes de Variabilidad:

- Ingresos por Matrícula: Variaciones en inscripciones y retención
- Financiamiento Gubernamental: Incertidumbre en asignaciones públicas
- Costos Operativos: Inflación, cambios salariales, costos de servicios públicos
- Inversiones en Infraestructura: Variabilidad en costos de construcción y tecnología

Fórmula de Flujo de Efectivo (Cash_Flow_t):

Matemáticamente, podemos expresar este flujo para cualquier período t como se muestra en la ecuación 10, que incorpora factores de incertidumbre en cada componente del flujo financiero:

$$CF_t = I_t(1 + g_t) + F_t(1 + \delta_t) - O_t(1 + \pi_t) - K_t(1 + \pi_{k,t}) \quad (10)$$

Donde cada elemento representa:

- CF_t : flujo de efectivo (Cash Flow)
- I_t : los ingresos base generados durante el período

- g_t : la tasa de crecimiento esperada de dichos ingresos
- F_t : el financiamiento externo recibido (particularmente de fuentes gubernamentales)
- δ_t : la variación en las transferencias de financiamiento
- O_t : los costos necesarios para mantener las operaciones
- π_t : la inflación general que erosiona el poder adquisitivo
- K_t : las inversiones de capital realizadas
- $\pi_{k,t}$: la inflación específica del sector construcción o infraestructura

Cada una de estas tasas; de crecimiento, inflación o cambio, no son valores fijos, sino variables aleatorias que siguen distribuciones de probabilidad específicas. La incertidumbre inherente al entorno económico y permite aplicar técnicas de simulación avanzadas, como el método de Monte Carlo, para generar miles de escenarios posibles y obtener una distribución completa de resultados potenciales, como se visualiza en la Figura 18.

Este enfoque permite cuantificar la probabilidad de sostenibilidad (flujo positivo), analizar escenarios y calcular medidas de riesgo como el VaR, fundamentales para la gobernanza financiera (Al-Kharusi, 2017b).

Figura 18:
Modelo conceptual



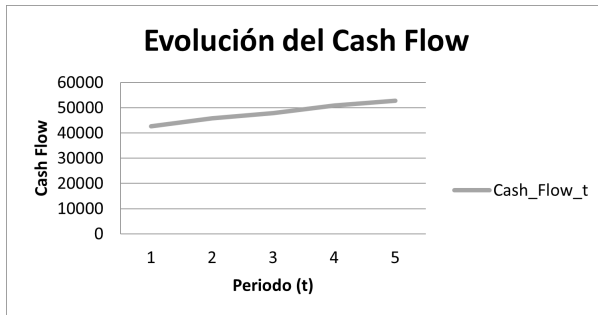
Nota: OpenAI. (2025)

Análisis de Resultados:

- **Probabilidad de sostenibilidad:** Probabilidad de mantener un flujo de caja positivo
- **Planificación de escenarios:** Resultados financieros bajo diferentes supuestos (ejemplificados en la Figura 19).
- **Evaluación de riesgos:** Valor en riesgo (VaR) para diferentes niveles de confianza
- **Opciones estratégicas:** Impacto de diferentes decisiones estratégicas en los resultados financieros

Figura 19:

Resultados con datos hipotéticos



Nota: elaboración propia.

4.4.4.4. Aplicación, Simulación de Eventos Discretos (SED) en Procesos Académicos

La simulación de eventos discretos modela procesos educativos como secuencia de eventos que ocurren en puntos específicos del tiempo, cuyo flujo secuencial se representa en la Figura 20.

1. **Simulación del recorrido estudiantil desde la admisión hasta la graduación:** Admisión → ubicación → inscripción → asistencia → evaluación → registro de calificaciones → evaluación de progreso → decisión de graduación.

Figura 20:

Flujo del Proceso



Nota: OpenAI. (2025)

2. Modelado de Flujo Estudiantil:

En servicios estudiantiles, los modelos de colas (p. ej., M/M/s) permiten estimar métricas clave: tiempo medio en cola, número en sistema, utilización y probabilidad de espera (Khalid et al., 2013; Palmer et al., 2019).

Entidades del Sistema:

- **Estudiantes individuales:** con atributos específicos, (programa, semestre, rendimiento académico, perfil socioeconómico)
 - Nivel de preparación académica
 - Antecedentes socioeconómicos
 - Estilos y preferencias de aprendizaje
 - Compromisos y limitaciones externas

- **Docentes:** Atributos (especialización, carga actual, disponibilidad)
- **Recursos:** Aulas, laboratorios, equipos, software especializado

Eventos y lógica:

- **Eventos de llegada:** Admisión de nuevos estudiantes (estacionalidad)
- **Eventos de servicio:** Impartición de clases, tutorías, asesoramiento
- **Puntos de decisión:** Selección de cursos, cambios importantes, decisiones de baja

Modelado de Flujos Estudiantiles:

Sistema de colas aplicado a servicios estudiantiles:

Parámetros del Sistema:

- **Tasa de llegada (λ):** Sigue la Distribución Poisson
- **Tiempo de servicio (μ):** Sigue la Distribución Exponencial
- **Número de servidores:** Variable, según análisis
- **Disciplina de cola:** FIFO (First In, First Out)

Las métricas de desempeño, definidas por las ecuaciones 11, 12, 13 y 14, permiten evaluar la eficiencia del proceso académico.

Métricas de Desempeño:

- **Tiempo promedio en cola: 11:**

$$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \quad (11)$$

- **Número promedio en sistema: 12:**

$$L = \frac{\lambda}{\mu - \lambda} \quad (12)$$

- **Utilización del sistema: 13:**

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (13)$$

- **Probabilidad de espera: 14:**

$$P(W > 0) = \rho \quad (14)$$

4. Optimización del Sistema de Biblioteca

Un ejemplo aplicado en bibliotecas universitarias demuestra cómo cambios en recursos de servicio reducen tiempos de espera de 8,7 min a 2,3 min e incrementan la satisfacción en un

35 %.

Ejemplo: Optimización del Sistema de Biblioteca Estado Actual (Problema):

- Una fila larga de estudiantes esperando (con rostros cansados).
- Dos bibliotecarios atendiendo en un mostrador.
- Un cartel que muestre:
 - "Llegada: 45 estudiantes/hora"
 - "Tiempo de servicio: 4 min"
 - "Utilización: 150 % (sobrecargado)"
 - "Cola: 8.7 min".

Estado Futuro (Mejora):

- Tres puntos clave representados visualmente:
 - Una máquina de autopréstamo que varios estudiantes usan con rapidez.
 - Tres bibliotecarios (uno adicional) atendiendo en mostradores.
 - Una pantalla con reservas online mostrando confirmaciones.
- Una fila corta y fluida de estudiantes sonrientes.

- Cartel con indicadores:
 - Cola: 2.3 min"
 - Utilización: 75 % (óptima)"
 - "Satisfacción +35 %".

5. Aplicación: Optimización Lineal para Asignación Presupuestaria

La aplicación de la programación lineal en la distribución de recursos académicos facilita la optimización de éstos (Ryńca & Ziaeiian, 2025).

Problema: Distribución Óptima de Presupuesto Académico

Uso de Programación Lineal en Asignación de Recursos (Domenico, 2017):

Variables de Decisión:

- X_1 : Presupuesto asignado a investigación
- X_2 : Presupuesto asignado a infraestructura
- X_3 : Presupuesto asignado a tecnología
- X_4 : Presupuesto asignado a capacitación docente

Función Objetivo: La ecuación de optimización presupuestaria (Ecuación 15) se define como:

$$\text{Maximizar } Z = 0,4X_1 + 0,3X_2 + 0,35X_3 + 0,45X_4 \quad (15)$$

Restricciones:

- $X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 5,000,000$ (Presupuesto total)
- $X_1 \geq 1,200,000$ (Mínimo investigación)
- $X_2 \geq 800,000$ (Mínimo infraestructura)
- $X_3 \geq 600,000$ (Mínimo tecnología)
- $X_4 \geq 400,000$ (Mínimo capacitación)
- $0,3X_1 \leq X_4$ (Relación investigación-capacitación)

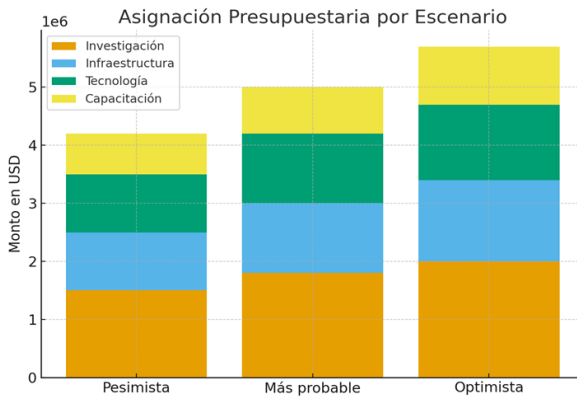
Solución Óptima mediante Método Simplex:

- $X_1^* = \$1,800,000$ (Investigación)
- $X_2^* = \$1,200,000$ (Infraestructura)
- $X_3^* = \$1,200,000$ (Tecnología)
- $X_4^* = \$800,000$ (Capacitación)
- $Z^* = \$1,785,000$ (Valor objetivo máximo)

La Figura 21 presenta la distribución óptima de recursos obtenida mediante la aplicación del método simplex a la función objetivo definida en la ecuación (15), mostrando la asignación por categoría presupuestaria.

Figura 21:

Distribución presupuestaria por escenario



Nota: Autores, OpenAI (2025)

4.4.4.5. Software de Simulación Recomendado

Simulación con Flexsim/Arena:

- Modelado de procesos académicos complejos
- Análisis de escenarios múltiples
- Optimización automática de parámetros
- Reportes gráficos detallados

MATLAB/Simulink:

- Modelos matemáticos avanzados
- Integración con bases de datos
- Análisis estadístico robusto
- Automatización de procesos

4.4.5 Gamificación Sistemática del Aprendizaje (Hamari et al., 2014a)

4.4.5.1. Estructura de Gamificación Educativa (EGE), Componentes Fundamentales:

La gamificación educativa representa una estrategia sistemática que incorpora elementos de juego en contextos académicos para aumentar la motivación, compromiso y resultados de aprendizaje de los estudiantes (Hamari et al., 2014b; Lozada-Ávila & Gómez, 2018). Combina técnicas mecánicas como puntos, niveles, insignias, tablas de clasificación; con técnicas dinámicas; narrativa, feedback inmediato, recompensas, competición y colaboración, resultando un aprendizaje entretenido y motivador (Malvido, 2019), como se representa esquemáticamente en la Figura 22.

Figura 22:
Gamificación educativa



Nota: (Malvido, 2019)

Técnicas de aprendizaje de la gamificación educativa:

La técnica de aprendizaje dinámica: Motiva al usuario para jugar y seguir adelante en la consecución de sus objetivos, proceso que se ilustra en la Figura 23.

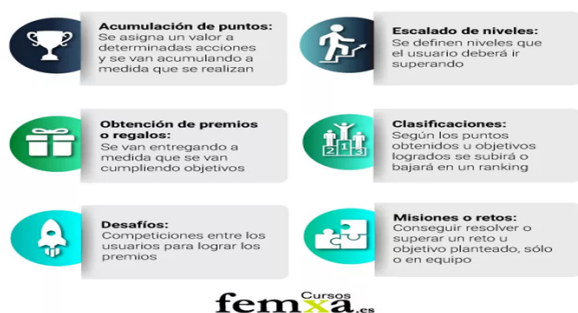
Figura 23:
Gamificación Educativa Dinámica



Nota: (Malvido, 2019)

La técnica de aprendizaje basada en mecánica de juegos: Recompensa al participante en función de los objetivos alcanzados, según el modelo presentado en la Figura 24.

Figura 24:
Técnica Mecánica de juegos



Nota: (Malvido, 2019)

1. Mecánica de Juego Educativas: Sistema de Puntuación Académica:

- Puntos por asistencia y participación
- Bonificaciones por calidad de trabajos
- Multiplicadores por trabajo colaborativo
- Penalizaciones por entregas tardías

Niveles de Progresión:

- Novato (0-100 puntos)

- Aprendiz (101-300 puntos)
- Competente (301-600 puntos)
- Experto (601-1000 puntos)
- Maestro (1001+ puntos)

Insignias y Logros:

- **Participación:** "Colaborador Activo", "Líder de Discusión"
- **Excelencia:** "Trabajo Perfecto", "Investigador Destacado"
- **Colaboración:** "Mentor Estudiantil", "Equipo del Año"
- **Innovación:** "Idea Creativa", "Solución Original"

2. Dinámicas de Juego en el Aula: Competencia Constructiva:

- Rankings individuales y grupales
- Torneos académicos por materias
- Desafíos (Challenges) intersemestrales
- Olimpiadas del conocimiento

Colaboración Gamificada:

- Grupos o equipos de estudio

- Misiones grupales complejas
- Trabajos académicos multidisciplinares
- Proyectos colaborativos masivos

Progresión Narrativa:

- Historia académica personalizada
- Avatares estudiantiles evolutivos
- Líneas de tiempo de logros
- Portafolio digital gamificado

3. Medición y Analítica de Gamificación:

KPIs de Compromiso:

- Tasa de participación en actividades gamificadas
- Tiempo promedio de sesión en plataformas
- Frecuencia de interacciones sociales académicas
- Nivel de cumplimiento de misiones/tareas

Métricas de Aprendizaje:


- Retención de conocimientos post-gamificación
- Mejora en calificaciones promedio
- Desarrollo de competencias blandas

- Transferencia de aprendizajes

Panel de Gamificación Educativa: Estos paneles de seguimiento, como el ejemplo que se presenta en la Figura 25, permiten visualizar el progreso de los estudiantes mediante elementos lúdicos y motivacionales.

Figura 25:

Ejemplo: Panel de Gamificación Educativa

		EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA GAMIFICADA				
FECHA:		Di	Me	Año		
Información General de la actividad						
NOMBRE DE LA ACTIVIDAD:						
ASIGNATURA:						
PROFESOR:						
Evaluación General de la actividad						
Teniendo en cuenta la actividad en la cual participó, por favor califique cada uno de los siguientes aspectos, considerando que: 1= Deficiente, 2= Insuficiente, 3= Aceptable, 4=Bueno y 5=Excelente.						
Dimensión	N°	Criterios a Evaluar			Calificación	
Contenido de la actividad	1	Cumplimiento de los objetivos de formación				
	2	Utilidad de los contenidos abordados en la actividad				
	3	Metodología				
Recursos empleados	4	Material de apoyo en la experiencia gamificada				
	5	Infraestructura del sitio donde se desarrolló la actividad				
	6	Medios Audiovisuales				
Orientadores	7	Conocimiento del tema				
	8	Respuesta de inquietudes oportunamente				
	9	Manejo del tiempo				
	10	Puntualidad				
¿Volvería a participar en una experiencia gamificada ofrecida por el laboratorio GALEA?					SI	NO

Nota: (Lobo et al., 2020)

4. Optimización Basada en Datos:

A/B Pruebas en Gamificación:

- Comparación de diferentes mecánicas de juego
- Análisis de efectividad por tipo de estudiante
- Optimización de sistemas de recompensa
- Personalización de experiencias gamificadas

Sistema de Retroalimentación (Feedback) Continuo:

Retroalimentación inmediata:

- Notificaciones instantáneas de logros
- Progreso visual en tiempo real
- Comparaciones dinámicas con pares
- Sugerencias personalizadas de mejora

Análisis Longitudinal:

- Seguimiento de progreso semestral
- Identificación de patrones de aprendizaje
- Predicción de riesgos académicos
- Recomendaciones proactivas de intervención

Integración con Sistemas de gestión del aprendizaje, Learning Management Systems (LMS):

Moodle Gamificado:

- Complementos de puntuación automática
- Sistema de insignias integrado
- Tablas de clasificación por curso
- Analítica de participación

Canvas con Elementos de Juego:

- Módulos de progresión visual
- Sistema de logros
- Desafíos entre pares
- Evaluaciones gamificadas

(Turnbull et al., 2022)

4.4.6 Conclusiones del Capítulo

La aplicación de metodologías de ingeniería industrial en la gestión educativa universitaria constituye una estrategia para optimizar el diseño del trabajo docente y mejorar la calidad de la educación superior. Integra herramientas tradicionales de la ingeniería industrial con las particularidades específicas de la realidad educativa universitaria.

Se plantean adaptaciones de metodologías como Seis Sigma, Lean Education, Gestión de la Calidad Total (TQM) y gestión de procesos (TPM) al contexto específico de la de la enseñanza universitaria, manteniendo el rigor científico mientras se respetan las particularidades académicas. La integración de múltiples metodologías (DMAIC, VSM, Kaizen, otras) proporciona múltiples herramientas para abordar diferentes aspectos de la gestión educativa universitaria. Para

medición y control, los sistemas presentados permiten evaluar tanto la eficiencia operacional como la efectividad pedagógica de las intervenciones implementadas.

El marco propuesto incluye mecanismos de mejora continua que aseguran la sostenibilidad y evolución constante de los sistemas implementados. En lo legal, se alinea con el Decreto Ejecutivo No. 255, emitido el 2 de mayo de 2024, que establece el nuevo Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo en Ecuador, asegurando que las mejoras en el diseño del trabajo docente cumplan con los estándares regulatorios vigentes.

4.4.7 Implicaciones en el Campo Práctico

La implementación de estas metodologías en instituciones de educación superior ecuatorianas puede generar impactos significativos en:

- **Eficiencia Operacional:** Reducción de desperdicios y optimización de procesos académicos y administrativos
- **Calidad Educativa:** Mejora en la entrega de valor educativo y satisfacción de partes interesadas
- **Bienestar Docente:** Diseño de espacios y procesos de trabajo más ergonómicos y saludables
- **Innovación Institucional:** Desarrollo de capacidades de in-

novación y adaptación continua

4.4.8 Recomendaciones para Futuras Investigaciones

1. **Estudios Longitudinales:** Investigación sobre el impacto a largo plazo de la implementación de estas metodologías en indicadores académicos y de satisfacción.
2. **Análisis Comparativo:** Estudios que comparen la efectividad de diferentes combinaciones metodológicas en diversos estamentos institucionales.
3. **Desarrollo de Métricas Específicas:** Creación de indicadores de desempeño específicos para la evaluación de metodologías de ingeniería industrial en educación superior y que complementen los exigidos por el gobierno.
4. **Adaptaciones Culturales:** Investigación sobre las adaptaciones necesarias para implementar estas metodologías en diferentes contextos culturales y organizacionales.

La transformación de la gestión educativa universitaria mediante la aplicación sistemática de principios de ingeniería industrial representa una oportunidad significativa para mejorar tanto la eficiencia operacional como la calidad educativa.

Capítulo 5

*Tendencias Futuras en el Diseño del Trabajo
Docente*

El panorama de la educación superior está en constante evolución, impulsado por avances tecnológicos, cambios demográficos y nuevas expectativas sociales. Estas transformaciones traen consigo tendencias que redefinirán el diseño del trabajo docente, exigiendo una adaptación proactiva desde la perspectiva de la ergonomía, la ingeniería industrial y su impacto en el futuro del rol del docente en Ecuador.

5.1 La Transformación Digital y los Nuevos Entornos Laborales

5.1.1 Evolución del Ecosistema Digital Educativo

“La transformación digital en educación superior ha acelerado exponencialmente, creando nuevos paradigmas de trabajo docente que requieren adaptación ergonómica y organizacional” (C. & Y., 2017b).

Arquitectura Tecnológica Integrada:

Nuevas características de trabajo docente requieren: adaptación ergonómica y organizacional, diseño de espacios de aprendizaje combinando pedagogía - espacio físico, diseño arquitectónico del aula y distribución del equipo para un aprovechamiento y organización del espacio físico y espacio virtual, uso de herramientas digitales y conectividad adecuada para la aplicación de metodologías que conduzcan al logro de aprendizajes significativos (Turturro & Pruvost, 2021).

5.1.2 Espacios de Trabajo Híbridos

El modelo híbrido físico-digital, requiere rediseño ergonómico de espacios que funcionen óptimamente en múltiples modalidades, especialmente, en los efectos que esta forma de trabajar produce en las relaciones de confianza dentro del equipo y su repercusión en los resultados de la organización (Carlos, 2023). Aspectos como la cultura y la vinculación a la empresa, la salud emocional, las dinámicas entre los miembros de equipos que combinan el modo remoto con el presencial y, sobre todo, el rol específico del liderazgo que se requiere para poder gestionar, de manera responsable, esta nueva realidad emergente.

Configuraciones Espaciales Adaptativas:

Diseños y distribuciones de espacios que son flexibles y se pueden modificar para responder a las necesidades y preferencias cambiantes de sus usuarios, comprendiendo diversas tipologías como las clasificadas en la Tabla 52.

Tabla 52:*Tipologías de Espacios Docentes Futuros*

Tipo de Espacio	Características	Tecnología Integrada	Capacidad Adaptación
Aula Inmersiva	Paredes 360° interactivas, sensores IoT	Pantallas holográficas, audio espacial	Alta - configuración dinámica
Laboratorio Virtual	Simulación háptica, realidad mixta	Auriculares RV/RA, sensores de movimiento	Media - escenarios preprogramados
Estudio de Grabación	Calidad de transmisión, iluminación profesional	Múltiples cámaras con IA, postproducción automática	Baja - configuración específica
Espacio Colaborativo	Mobiliario modular, conectividad universal	Pizarras interactivas, uso compartido inalámbrico	Muy Alta - reconfiguración rápida

Nota: Elaboración Propia

5.2 El Impacto de la Inteligencia Artificial y la Automatización

La Inteligencia Artificial no busca reemplazar al docente, sino potenciar sus capacidades, automatizando tareas repetitivas y liberando tiempo para actividades de mayor valor pedagógico y humano.

5.2.1 Automatización de Tareas Repetitivas

- Calificación y Retroalimentación Automatizada:** Los sistemas de inteligencia artificial tienen la capacidad de evaluar pruebas de selección múltiple, preguntas de respuesta breve e incluso composiciones estandarizadas, a la vez, ofrecen retroalimentación inmediata a los alumnos, liberando al docente de

una importante carga administrativa. Ejemplo, incorporación de plataformas como Turnitin o Grammarly, con inteligencia artificial, para identificar plagio y sugerir correcciones gramaticales en trabajos estudiantiles. Facilitan el proceso de revisión del docente.

- **Gestión de Consultas Frecuentes:** Los asistentes virtuales basados en IA pueden resolver dudas habituales de los estudiantes, tales como horarios, condiciones del curso o normativas universitarias, disminuyendo las interrupciones y la sobrecarga comunicacional del profesor (Chisag Pallmay et al., 2025).
- **Generación de Materiales Didácticos:** Herramientas de IA pueden ayudar a crear presentaciones, resúmenes de textos, cuestionarios o incluso adaptar contenidos a diferentes estilos de aprendizaje, optimizando el tiempo de preparación de clases.

(Weegar & Idestam-Almquist, 2024)

5.2.2 Herramientas de Apoyo a la Planificación y Personalización

- **Análisis Predictivo del Desempeño Estudiantil:** La IA y el Big Data, pueden analizar el progreso de los estudiantes para identificar aquellos en riesgo de bajo rendimiento, permitiendo al docente intervenir proactivamente con tutorías personaliza-

das (Falcones Molina & Pastrán Calles, 2025).

- **Diseño Curricular Asistido por IA:** Las últimas investigaciones, tendencias de la industria o necesidades específicas del mercado laboral ameritan la actualización del plan de estudios. IA puede sugerir los ajustes, contribuyendo a reducir la carga cognitiva docente como se analiza en la Tabla 53.
- **Sistemas de Recomendación:** Utilizando IA se puede generar recursos de aprendizaje, artículos de investigación o conexiones con expertos a los docentes, personalizando su desarrollo profesional.

Tabla 53:*Impacto Ergonómico de la IA en Tareas Docentes*

Tarea Docente	Automatizada / Asistida por IA	Reducción de Carga Ergonómica (Tipo)	Impacto en el Docente
Calificación de exámenes y trabajos	Cognitiva, Temporal	Visual, Menos tiempo frente a la pantalla, reducción de fatiga mental.	Reducción de carga cognitiva
Respuesta a preguntas frecuentes	Cognitiva, Psicosocial	Temporal, Menos interrupciones, mayor enfoque en tareas complejas.	Mejora del bienestar psicosocial
Preparación de materiales didácticos	Temporal, Cognitiva	Mayor eficiencia, tiempo para creatividad e innovación.	Liberación de tiempo creativo
Detección de plagio	Visual, Temporal	Proceso más rápido y preciso, menor estrés por verificación manual.	Reducción de carga visual
Monitoreo de progreso estudiantil	Cognitiva	Identificación temprana de riesgos académicos.	Mejora en intervención pedagógica

Nota: Autores, OpenAI2025

5.2.3 IA como Asistente Ergonómico Inteligente

La implementación de IA en el monitoreo ergonómico automático representa un cambio paradigmático hacia la prevención proactiva y personalizada, con diversas aplicaciones específicas que se describen en la Tabla 54.

Tabla 54:*Aplicaciones de IA en Ergonomía Docente*

Aplicación	Tecnología IA	Beneficio Ergonómico	Ergonómico	Nivel de Madurez
Análisis postural en tiempo real	Visión artificial y aprendizaje profundo	Corrección inmediata postura		Implementación
Optimización de pausas	Machine learning sensores portátiles	Pausas personalizadas		Desarrollo
Predicción de fatiga	NLP y análisis biométrico	Prevención del burnout		Investigación
Personalización del entorno	El aprendizaje por refuerzo (RL)	Adaptación automática del espacio de trabajo		Conceptual
Asistente vocal ergonómico	NLU y gráfico de conocimiento	Coaching ergonómico 24/7		Piloto

Nota: Autores, OpenAI2025. NLP (Natural Language Processing). NLU (Natural Language Understanding)

5.2.4 Automatización de Tareas Administrativas/ Impacto en la Carga de Trabajo Docente:

La automatización de procesos administrativos puede liberar significativamente la carga laboral de los docentes, como se evidencia en el análisis del potencial de automatización presentado en la Tabla 55.

Tabla 55:*Potencial de Automatización por Actividad Docente*

Actividad	% Automatizable	Tiempo Liberado (h/semana)	Reenfoque Actividad
Calificación objetiva	95 %	4.5	Retroalimentación cualitativa
Programación horarios	90 %	2.0	Planificación pedagógica
Gestión documental	85 %	1.5	Investigación aplicada
Seguimiento asistencia	100 %	0.5	Atención personalizada
Reportes administrativos	80 %	2.5	Innovación curricular
Comunicación rutinaria	70 %	1.0	Mentoría estudiantil

Nota: Autores, OpenAI2025

5.3 El Aprendizaje Híbrido y la Flexibilidad Laboral

La pandemia aceleró la adopción de modelos de enseñanza híbridos, que combinan lo presencial con lo virtual. Esta flexibilidad, si bien ofrece ventajas, requiere un diseño ergonómico cuidadoso, abordando múltiples dimensiones como las clasificadas en la Tabla 56

5.3.1 Modelos de Trabajo Docente Flexible

Tabla 56:

Dimensiones de Flexibilidad en el Trabajo Docente

Dimensión	Opciones	Beneficio Ergonómico	Desafío de Implementación
Temporal	Horarios flexibles, trabajo asíncrono	Reducción estrés temporal	Coordinación compleja
Espacial	Teletrabajo, coworking, trabajo remoto	Personalización del entorno	Pérdida interacción social
Funcional	Rotación de tareas (Job rotation), especialización flexible	Reducción de monotonía	Necesidad formación continua
Contractual	Tiempo parcial, proyectos, consultoría	Balance vida - trabajo	Inseguridad laboral
Tecnológica	Herramientas opcionales, BYOD	Adaptación a preferencias	Problemas de compatibilidad

Nota: Autores, OpenAI2025

5.3.2 Ergonomía del Trabajo Híbrido

Consideraciones Específicas para Modalidad Híbrida:

La implementación efectiva de modelos híbridos requiere atender aspectos ergonómicos específicos que difieren entre modalidades, como se sistematiza en la Tabla 57.

Transición Física-Digital:

- **Fatiga de transición:** Cambio constante entre modalidades
- **Sobrecarga cognitiva:** Gestión simultánea de múltiples canales

- **Inconsistencia ergonómica:** Diferencias entre espacios físicos y virtuales

Tabla 57:

Checklist Ergonómico para Trabajo Híbrido

criterio	Modalidad Presencial	Modalidad Virtual	Modalidad Híbrida
Iluminación	Natural y artificial regulable	Pantalla y ambiente controlado	Adaptación automática
Acústica	Tratamiento especializado	Auriculares profesionales	Sistema dual
Mobiliario	Ergonómico institucional	Ergonómico personal	Portable y ajustable
Tecnología	Fija integrada	Setup personal optimizado	Seamless transition
Comunicación	Presencial directa	Digital optimizada	Multicanal integrado
Espacio	Aula especializada	teletrabajo dedicado	Flexible adaptable

Nota: Autores, OpenAI2025

5.3.3 Entornos de Aprendizaje Híbridos y Flexibles

Diseño de Aulas Inteligentes y Colaborativas

- **Mobiliario Adaptable:** Mesas y sillas modulares que pueden reconfigurarse rápidamente para diferentes actividades: clases magistrales, trabajo en grupo, debates. Por ejemplo, en aulas con sistemas de video comunicación, la disposición de los asientos debe permitir que tanto los estudiantes presentes como los remotos tengan una buena visibilidad del docente y del conte-

nido (Hernández Alvarez et al., 2023; Tanchoco & Tompkins, 2020).

- **Tecnología Integrada:** Pantallas interactivas, sistemas de sonido y micrófonos omnidireccionales que aseguren una experiencia equitativa para estudiantes presenciales y remotos. La Universidad de las Américas (UDLA) en Ecuador ha comenzado a implementar aulas híbridas con cámaras de seguimiento de voz y pizarra digitalizada, lo que reduce el movimiento excesivo del docente y optimiza la interacción (Universidad de Las Américas (UDLA), 2021).
- **Zonas de Confort Acústico y Visual:** Diseño que minimice el eco y el ruido de fondo, y asegure una iluminación adecuada para la lectura en pantalla y en papel.

5.3.4 Puestos de Teletrabajo Ergonómicos en el Hogar

La oficina en casa no es una excepción. Las universidades deberán asumir una corresponsabilidad mayor en el equipamiento y la formación para el teletrabajo.

- **Guías y Recursos:** Proporcionar guías detalladas para la configuración ergonómica del puesto de trabajo en casa, incluyendo recomendaciones de mobiliario y accesorios (ej., elevadores

de portátil, teclados externos), tal como se sintetiza en el ecosistema presentado en la Figura 26.

- **Subsidios o Dotación:** Financiar programas de apoyo para la adquisición de sillas ergonómicas o la dotación de equipos esenciales (monitor, teclado, ratón) a los docentes que teletrabajan regularmente, como ya ocurre en algunas empresas.
- **Apoyo Psicosocial:** Incorporar programas que aborden el estrés del teletrabajo, la gestión de límites entre vida laboral y personal y el fomento de la desconexión digital (Fernández Suárez et al., 2021).

Figura 26:

Elementos Clave del Ecosistema Híbrido Ergonómico para Docentes



Nota: Autores, 2025; Open AI, 2025.

5.4 Nuevas Competencias Docentes

El trabajo docente está atravesando una transformación acelerada. Ya no basta con manejar las herramientas tradicionales de enseñanza; ahora es indispensable contar con competencias digitales avanzadas, así como con habilidades socioemocionales que permitan gestionar la educación en entornos híbridos, digitales y altamente cambiantes.

5.4.1 Competencias Digitales Avanzadas

El Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores (Dig-CompEdu 2025) amplía sus dimensiones para incluir áreas emergentes como la inteligencia artificial (IA), (C. & Y., 2017b). Estas competencias marcan un nuevo perfil docente, capaz de integrar tecnología avanzada en el proceso de enseñanza y rediseñar su forma de trabajar, como se detalla en la Tabla 58 que presenta las competencias digitales emergentes organizadas por área, competencias específicas, nivel requerido e impacto.

Tabla 58:

Competencias Digitales Emergentes para Docentes

Área de Competencia	Competencias Específicas	Nivel Requerido	Impacto en el Trabajo Docente
IA y Automatización	Prompt engineering, fundamentos de machine learning, ética de la IA	Intermedio	Rediseño de procesos de evaluación
Realidad Extendida	Creación de contenidos AR/VR, diseño de entornos inmersivos	Básico-Intermedio	Nuevas formas de interacción con estudiantes
Análítica de Datos	Learning analytics, visualización de información	Intermedio	Toma de decisiones basada en evidencia
Ciberseguridad	Privacy by design, gestión de riesgos digitales	Básico	Implementación de protocolos seguros
Sostenibilidad Digital	Green computing, economía circular digital	Básico	Uso responsable de recursos tecnológicos

Nota: Elaboración propia.

5.4.2 Competencias Socioemocionales

El trabajo docente híbrido requiere un nuevo tipo de inteligencia emocional, adaptada al entorno digital. Esta permite crear conexiones significativas, regular emociones y mantener la motivación en escenarios mediados por tecnología, como se evalúa sistemáticamente en la Tabla 59.

Componentes de la Inteligencia Emocional Digital:

1. Autoconciencia digital: Reconocer el propio comportamiento en línea.
2. Autorregulación virtual: Manejo equilibrado de emociones en entornos digitales.
3. Empatía mediada: Capacidad de conectar emocionalmente a través de la tecnología.
4. Habilidades sociales híbridas: Comunicación efectiva en múltiples canales.
5. Motivación adaptativa: Capacidad de sostener el compromiso en contextos cambiantes.

(Audrin & Audrin, 2024)

Tabla 59:*Evaluación de Competencias Socioemocionales Docentes*

Competencia	Indicador Medible	Herramienta de Evaluación	Meta de Desarrollo
Comunicación empática	Respuesta emocional de estudiantes	Análisis de sentimientos (PNL) + encuestas	>4.5/5.0
Adaptabilidad tecnológica	Tiempo de adopción de nuevas herramientas	Registro de uso + autoevaluación	<2 semanas
Colaboración virtual	Efectividad de equipos híbridos	Network analysis + resultados	>85 % de objetivos logrados
Liderazgo digital	Nivel de participación en iniciativas en línea	Métricas de compromiso (engagement) + retroalimentación	>90 % participación activa
Gestión del cambio	Nivel de aceptación de innovaciones	Encuestas de disposición	>4.0/5.0

Nota: Elaboración propia.

5.5 Revolución Pedagógica

Las nuevas pedagogías están cambiando radicalmente la forma en que los docentes diseñan y organizan su trabajo. La llegada del microlearning, las nano-credenciales (certificaciones digitales y verificables) y la IA pedagógica impulsa una nueva estructura de la enseñanza: más personalizada, flexible y ergonómicamente sostenible.

5.5.1 Micro aprendizaje y Nano-credenciales

El Micro aprendizaje (Microlearning): Estrategia educativa que organiza el conocimiento en unidades breves y específicas (5–20 min). Reduce la carga cognitiva, mejora la retención y permite al docente estructurar su trabajo en bloques cortos, disminuyendo la fatiga mental. Requiere repensar la jornada docente: preparar materiales más breves, diversificados y fáciles de adaptar (Sankaranarayanan et al., 2023), como se contrasta sistemáticamente con el modelo tradicional en la Tabla 60.

Implicaciones en el diseño del trabajo docente:

- Bloques de enseñanza más cortos (15–30 minutos).
- Especialización en micro competencias específicas.
- Producción constante de recursos nanoestructurados.
- Evaluación distribuida e integrada en tiempo real.

Tabla 60:*Comparación entre Modelo Tradicional y Microlearning*

Aspecto	Modelo tradicional	Tradi-	Modelo Micro-learning	Micro-	Impacto Ergonómico
Duración de la sesión	50–90 minutos		5–20 minutos		Menor fatiga mental
Preparación de clase	2–4 horas		30–60 minutos		Mayor frecuencia, menor intensidad
Evaluación	Exámenes extensos		Evaluación continua	conti-	Carga distribuida
Retroalimentación	Semanal o quincenal		Inmediata o diaria		Disminuye acumulación de trabajo
Individualización	Limitada		Alta personalización	personaliza-	Mejor adaptación ergonómica

Nota: Elaboración propia.

Nano-credenciales: Certificaciones digitales de competencias muy puntuales, verificables en línea y acumulables. Exigen del docente la producción constante de micro contenidos y una evaluación continua, favoreciendo la especialización y la trazabilidad del aprendizaje.

5.5.2 Aprendizaje Adaptativo e IA Pedagógica

La inteligencia artificial aplicada a la educación redefine el rol docente. Ya no se limita a transmitir información, sino a facilitar experiencias personalizadas de aprendizaje.

IA Pedagógica es la aplicación de inteligencia artificial en la enseñanza mediante tutorías inteligentes, análisis predictivo y curaduría

de contenidos. Transforma el rol docente hacia facilitador y analista de datos educativos, promoviendo experiencias personalizadas y basadas en evidencia, dentro de un marco de evolución que abarca diferentes niveles de madurez como se presenta en la Tabla 61.

Nuevos roles docentes en entornos mediados por IA:

1. Diseñador de experiencias: Crear trayectorias de aprendizaje personalizadas.
2. Analista de datos educativos: Interpretar learning analytics.
3. Coach de competencias: Promover habilidades metacognitivas.
4. Facilitador de conexiones: Construir redes de aprendizaje colaborativo.
5. Curador de conocimiento: Seleccionar y organizar recursos de valor.

En conjunto, estas transformaciones exigen un rediseño del trabajo docente, que combine tecnología avanzada, competencias emocionales y cuidado ergonómico para garantizar calidad educativa y bienestar profesional.

5.6 Recomendaciones Estratégicas para el Rediseño del Trabajo

5.6.1 Marco Estratégico de Transformación

Tabla 61:

Niveles de Madurez en Transformación del Trabajo Docente

Nivel	Características	Tecnología Dominante	Competencias Clave	Ergonomía Asociada
1. Tradicional	Enseñanza presencial, herramientas básicas	PowerPoint, email	Disciplinarias básicas	Ergonomía física clásica
2. Digitalizado	Herramientas digitales, LMS básico	LMS, videoconferencia	Competencias digitales básicas	Ergonomía visual mejorada
3. Híbrido	Combinación efectiva presencial/virtual	Plataformas integradas	Facilitación híbrida	Ergonomía multimodal
4. Adaptativo	Personalización, analítica educativa básica	IA educativa, adaptive learning	Análisis de datos, personalizar contenido y ritmo de aprendizaje	Ergonomía cognitiva avanzada
5. Inteligente	IA integrada, ecosistema completo	AI tutors, predictive analytics	Data science, design thinking (Inteligencia artificial en tutorías. Análisis de datos para pronosticar resultados y tendencias futuras)	Ergonomía predictiva

Nota: Elaboración propia.

5.6.2 Ejemplo: Hoja de Ruta (Roadmap) de Implementación 2025-2030

Fases de Implementación:

Fase 1: Estabilización Digital (2025-2026)

- **Objetivos:** Consolidar infraestructura híbrida, formación básica
- **Inversión:** \$500-800 por docente
- **KPIs:** 100 % docentes competentes digitalmente, satisfacción >8/10

Fase 2: Personalización Inteligente (2026-2028)

- **Objetivos:** Implementar IA educativa, analytics avanzado
- **Inversión:** \$1,200-1,800 por docente
- **KPIs:** 50 % contenidos personalizados, mejora learning outcomes 25 %

Fase 3: Ecosistema Adaptativo (2028-2030)

- **Objetivos:** Integración completa IA, espacios completamente adaptables
- **Inversión:** \$2,000-3,000 por docente
- **KPIs:** 90 % decisiones basadas en datos, satisfacción estudiantil >9/10

Consideraciones Críticas:

1. Gestión del Cambio:

- Comunicación transparente sobre beneficios
- Formación gradual y soporte continuo
- Reconocimiento de pioneros (early adopters)

2. Sostenibilidad Financiera:

- Modelo de financiamiento progresivo
- ROI demostrable en cada fase
- Alianzas estratégicas con sector tecnológico

3. Bienestar Docente:

- Monitoreo continuo de niveles de estrés
- Soporte psicológico durante transiciones
- Flexibilidad en ritmos de adopción

4. Equidad e Inclusión:

- Acceso universal a tecnología
- Formación diferenciada según nivel inicial
- Adaptaciones para docentes con discapacidad

5.7 Diseño Inclusivo y Neurodiversidad en el Trabajo Docente

El diseño ergonómico contemporáneo debe ir más allá de la simple adaptación física. Su evolución natural consiste en integrar la diversidad cognitiva y sensorial, garantizando que los espacios de trabajo y las herramientas docentes sean accesibles, seguras y confortables para profesionales con diferentes capacidades y estilos de procesamiento de la información.

5.7.1 Adaptaciones para la Neurodiversidad

Reducción de la Sobrecarga Sensorial: Implementar soluciones que permitan controlar estímulos ambientales como iluminación (luminarias regulables), ruido (zonas silenciosas, auriculares con cancelación de ruido) y olores, especialmente si trabajan docentes con hipersensibilidad sensorial, autistas (TEA) o con TDAH (Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad) (Tanchoco & Tompkins, 2020).

Flexibilidad en Horarios y Métodos de Trabajo: El trabajo en horarios flexibles o trabajo en bloques temporales es un enfoque que reduce el estrés, fomenta la autonomía y la confianza, armoniza la vida personal con la profesional y permite gestionar la energía y concentración, optimizando así la productividad.

Interfaces de Usuario Personalizables: Desarrollar plataformas digitales que permitan ajustar elementos como tamaño de fuente, contraste cromático, velocidad de reproducción de audio o video, mejorando la experiencia de docentes con necesidades cognitivas o visuales específicas.

5.7.2 Accesibilidad Universal

La accesibilidad debe concebirse como un principio integral, superando el cumplimiento normativo mínimo —por ejemplo, lo establecido en la Ley Orgánica de las personas con Discapacidad del Ecuador— para promover un diseño inclusivo que beneficie al mayor número posible de personas sin depender de adaptaciones posteriores (Registro Oficial - Ecuador No 73, 2025).

Diseño para Todos: Considerar principios básicos al diseñar la infraestructura física (rampas de pendiente reducida, señalética clara y en Braille, contrastes cromáticos adecuados) y los recursos digitales (videos con subtítulos, transcripciones de audio, material compatible con lectores de pantalla).

Tecnologías de Asistencia: Facilitar y capacitar en el uso de dispositivos, software, equipos y herramientas que permitan la independencia y eficiencia en el trabajo académico. Ejemplo, software de reconocimiento de voz (útil para docentes con limitaciones motoras), reguladores de pantalla, teclados alternativos o ratones ergonómicos.

5.8 Ergonomía del Comportamiento y Cultura de Bienestar

El futuro de la ergonomía se centra cada vez más en la ergonomía del comportamiento, promoviendo hábitos saludables y una cultura organizacional que priorice el bienestar del docente.

5.8.1 Fomento de la Actividad Física y Pausas Activas

- **Estaciones de Trabajo Activas:** Integrar escritorios de altura ajustable o cintas de correr/bicicletas de pedales bajo el escritorio para fomentar el movimiento durante el trabajo.
- **Aplicaciones y Recordatorios Inteligentes:** Utilizar aplicaciones o software que recuerden al docente tomar pausas activas, realizar estiramientos o levantarse y caminar. En el contexto de universidades ecuatorianas, algunas instituciones ya están promoviendo retos de actividad física entre el personal a través de aplicaciones móviles para el seguimiento (Pacheco Peralta, 2025).
- **Diseño del Campus:** Promover zonas de caminos saludables.^o "zonas de estiramiento.^{en} el campus para fomentar el movimiento y la desconexión.

5.8.2 Programas de Bienestar Integral

- **Salud Mental y Apoyo Psicosocial:** Ofrecer servicios de consejería, talleres de gestión del estrés, mindfulness y programas de apoyo para prevenir el burnout y el tecnoestrés, que son riesgos crecientes en la docencia (Goyes Acaro et al., 2024).
- **Nutrición y Hábitos Saludables:** Promover una alimentación balanceada y el acceso a opciones saludables en las cafeterías universitarias.
- **Ambientes Socialmente Conectados:** Crear espacios y oportunidades para la interacción social y la construcción de comunidad entre los docentes, reduciendo el aislamiento.

5.9 Integración de la Ergonomía en la Planificación Estratégica Universitaria

El futuro de la ergonomía en la educación superior ecuatoriana radica en su elevación de una cuestión operativa a un componente estratégico de la gestión universitaria.

5.9.1 La Ergonomía como Pilar de la Responsabilidad Social Universitaria (RSU)

- Integrar los objetivos ergonómicos en los informes de sostenibilidad y responsabilidad social de la universidad. Esto no solo mejora la imagen institucional, sino que atrae y retiene talento.

- Demostrar un compromiso ético con las condiciones laborales de sus docentes, yendo más allá del cumplimiento mínimo de la normativa.

5.9.2 Investigación y Desarrollo en Ergonomía Educativa

- **Centros de Investigación:** Fomentar la creación de centros o grupos de investigación interdisciplinarios (Ingeniería Industrial, Salud Ocupacional, Diseño, Educación) para estudiar la ergonomía en el contexto específico de la docencia ecuatoriana.
- **Proyectos Piloto:** Financiar proyectos piloto para probar nuevas soluciones ergonómicas, tecnologías y metodologías de trabajo en entornos controlados antes de su implementación a gran escala.
- **Publicaciones y Conocimiento:** Contribuir al cuerpo de conocimiento global en ergonomía educativa a través de publicaciones en revistas indexadas y participación en conferencias.

5.9.3 Políticas y Normativas Internas

- Desarrollar políticas internas específicas y ambiciosas que vayan más allá de la normativa mínima obligatoria, reflejando el compromiso institucional.
- Establecer el presupuesto para mejoras ergonómicas, mantenimiento y programas de bienestar, asegurando la sostenibilidad

de las intervenciones.

- Crear mecanismos de retroalimentación para el seguimiento formal de problemas ergonómicos y de bienestar con propuesta de soluciones integrales.

Anexos

1.1 Anexo 1: Información Técnica

1.1.1 Glosario De Términos Ergonómicos En Espacios Educativos

A

1. Abducción

- **Def.:** Movimiento extremidad alejándose plano medio corporal. En docencia: brazo escribir pizarra/manipular equipos.
- **Ver:** INSST - Posturas, INSST Tema 7

2. Acústica laboral

- **Def.:** Estudio fenómenos sonoros ambiente laboral (ruido, reverberación aulas).
- **Ver:** NTP 503 - Confort acústico INSST

3. Adaptabilidad ergonómica

- **Def.:** Capacidad mobiliario/equipo ajustarse características antropométricas/funcionales docente.
- **Ver:** INSST Tema 1, Norma UNE-EN ISO 6385:2016

4. Ángulo de confort visual

- **Def.:** Rango angular óptimo visualización pantallas/material (10°-40° bajo línea horizontal).
- **Ver:** INSST Pantallas, CNOO Ojos ordenador

5. Acomodación visual

- **Def.:** Proceso ojo ajusta enfoque alternando distancias (pizarra/pantalla).
- **Ver:** Centro optometría, Asepeyo Guía, Tu Optometrista

6. Antropometría laboral

- **Def.:** Medición dimensiones corporales aplicada diseño pupitres/sillas/pizarras.
- **Ver:** DOI: Antropometría escolar, INSST Datos antropométricos

B

7. Biomecánica ocupacional

- **Def.:** Ciencia aspectos mecánicos cuerpo humano en tareas docentes (posturas, movimientos, fuerzas).
- **Ver:** DOI: Ergonomía/Biomecánica 2024, Riesgo biomecánico docentes

8. Burnout docente

- **Def.:** Síndrome agotamiento emocional, despersonalización, reducida realización personal en contexto universitario.
- **Ver:** DOI: Burnout docentes 2016, Revista Innova, DOI: Revisión TME docentes, BMC Musculoskeletal

9. Balance postural

- **Def.:** Capacidad cuerpo mantener estabilidad pie frente pizarra/desplazarse aula.
- **Ver:** Caña-Pino et al. 2015, Dialnet equilibrio, Estabilidad postural 2023, ResearchGate postura

10. Biodinámica laboral

- **Def.:** Análisis interacción fuerzas externas/movimientos docente en tareas repetitivas.
- **Ver:** INSST Posturas, Riesgo biomecánico docentes

C

11. Carga cognitiva

- **Def.:** Cantidad esfuerzo mental procesar información actividades docentes.

- **Ver:** Perspectiva carga cognitiva

12. Carga mental

- **Def.:** Nivel actividad mental necesario tareas docentes complejas.
- **Ver:** INSST Tema 9, NTP 445 Carga mental

13. Confort térmico

- **Def.:** Estado satisfacción ambiente térmico para actividades docentes.
- **Ver:** DOI: Confort térmico educativo, Confort edificios educativos, Evaluación aulas Tijuana, Confort centros Madrid

14. Cronoergonomía

- **Def.:** Disciplina estudia adaptación trabajo ritmos biológicos naturales docente.
- **Ver:** Cronoergonomía 1987, Trabajo turnos 2024, Cronotipo 2023, Cronobiología 2011

15. Capacidad funcional

- **Def.:** Nivel rendimiento físico/mental máximo docente mantiene seguro jornada.

- **Ver:** Valoración capacidad funcional, Rendimiento académico estrés

16. Condiciones ambientales

- **Def.:** Factores iluminación, ruido, temperatura, ventilación afectan desempeño docente.
- **Ver:** INSST Riesgos ergonómicos, Ficha condiciones ambientales

D

17. Demanda-Control-Apoyo

- **Def.:** Modelo Karasek evalúa estrés laboral (demandas, control, apoyo social).
- **Ver:** DOI: Riesgos psicosociales profesorado

18. Diseño universal

- **Def.:** Principio diseño espacios/productos utilizables todas personas, incluyendo docentes discapacidad.
- **Ver:** Accesibilidad universal 2017, Diseño Universal Aprendizaje, DUA educación inclusiva

19. Distancia de trabajo

- **Def.:** Separación óptima docente-elementos trabajo minimiza fatiga visual/postural.
- **Ver:** CNOO Ojos ordenador, ViewSonic posición pantalla, Ergológico distancia pantalla

20. Dinámica laboral

- **Def.:** Estudio cambios ritmo/intensidad/organización actividad docente jornada.
- **Ver:** INSST Tema 1

21. Disergonomía

- **Def.:** Condiciones inadecuadas diseño/uso puesto trabajo generan incomodidad/riesgo salud docente.
- **Ver:** INSST Riesgos ergonómicos, CENEA Riesgos ergonómicos 2025

E

22. Ergonomía cognitiva

- **Def.:** Subdisciplina estudia procesos mentales trabajo docente (percepción, memoria, razonamiento).
- **Ver:** Ergonomía cognitiva estrés 2018, ResearchGate ergonomía cognitiva

23. Ergonomía física

- **Def.:** Área características anatómicas, antropométricas, fisiológicas, biomecánicas actividad física docente.
- **Ver:** INSST Tema 1, Norma UNE-EN ISO 6385:2016

24. Ergonomía organizacional

- **Def.:** Disciplina optimiza sistemas sociotécnicos universitarios (estructuras, políticas, procesos).
- **Ver:** INSST Tema 1, INEN ISO 6385, Norma ISO 6385:2016

25. Estrés térmico

- **Def.:** Tensión fisiológica exposición condiciones térmicas adversas espacios educativos.
- **Ver:** NTP 922 Estrés térmico, TAPREGA estrés térmico, UNIR estrés térmico, Norma ISO 9886:2004

26. Evaluación ergonómica

- **Def.:** Proceso sistemático identificación/análisis riesgos ergonómicos entorno docente.
- **Ver:** Ergonautas métodos, Método REBA, Método OWAS, Diferencias RULA/REBA, Método RULA

27. Eficiencia energética

- **Def.:** Uso racional energía espacios trabajo docente (relacionado confort térmico/iluminación).
- **Ver:** Confort térmico Madrid

F

28. Fatiga visual

- **Def.:** Disminución capacidad visual uso prolongado pantallas/materiales condiciones inadecuadas.
- **Ver:** INSST Pantallas, NTP 1150 Nuevas tecnologías

29. Flexibilidad laboral

- **Def.:** Capacidad sistema trabajo docente adaptarse necesidades/horarios/modalidades (presencial, híbrida, remota).
- **Ver:** Rol docente educación híbrida 2025, Enseñanza Híbrida Chile, Modalidad híbrida IDEA

30. Fuerza estática

- **Def.:** Esfuerzo mantenido músculo/grupo muscular sin movimiento (sostener material didáctico).
- **Ver:** NTP 177 Carga física, INSST Carga física, Norma UNE-EN 28996, Ergonomía trabajo físico

31. Factores de riesgo ergonómico

- **Def.:** Conjunto condiciones puesto/actividad pueden originar daño salud docente (posturas, repetitividad, carga visual).
- **Ver:** INSST Riesgos ergonómicos, ErgoIBV factores riesgo 2025

I

32. Iluminancia

- **Def.:** Flujo luminoso incidente por unidad superficie (lux).
Recomendado 300-500 lx según ISO 8995-1.
- **Ver:** NTP 211 Iluminación, INSST Iluminación, INSST Evaluación iluminación 2024, Norma UNE-EN 12464-1:2012, Norma ISO 8995-1:2002

33. Índice de refracción

- **Def.:** Medida capacidad material desviar luz (diseño iluminación aulas).
- **Ver:** INSST Iluminación

34. Iluminación natural

- **Def.:** Aprovechamiento luz solar directa/difusa espacios trabajo (beneficios salud/ahorro energético).
- **Ver:** Evaluación aulas Tijuana 2022, Optimización aulas Argentina 2022, Iluminación natural aulas 2013, CONI-CET luz natural

35. Interfaz hombre-máquina

- **Def.:** Punto interacción docente-equipo/sistema tecnológico (fundamental ergonomía cognitiva).
- **Ver:** UDAX interfaces 2024, UMurcia ergonomía cognitiva, ILO interacción humano-computadora, UAlicante interacción, Norma ISO 9241-230

L

36. Luminancia

- **Def.:** Intensidad luminosa por unidad superficie aparente dirección (evitar deslumbramientos).
- **Ver:** NTP 211 Iluminación, INSST Iluminación, INSST Evaluación iluminación 2024

37. Luminosidad

- **Def.:** Sensación subjetiva claridad espacio (depende distribución iluminación).
- **Ver:** INSST Iluminación, ResearchGate calidad iluminación

38. Límite de exposición

- **Def.:** Valor máximo permitido agente físico/químico/mecánico ambiente laboral proteger salud docente.
- **Ver:** INSST Riesgos ergonómicos, Ley 31/1995 Prevención Riesgos Laborales

M

39. Microclima

- **Def.:** Condiciones ambientales específicas espacio reducido (aula/oficina docente).
- **Ver:** ISTAS microclima, UNIR temperatura oficina, NTP 501 Ambiente térmico, Ficha condiciones ambientales

40. Movimientos repetitivos

- **Def.:** Acciones musculares cíclicas actividades docentes (escritura pizarra, uso teclado).

- **Ver:** INSST Trabajos repetitivos, OCRA Check-List, ErgoIBV OCRA

41. **Monotonía laboral**

- **Def.:** Sensación aburrimiento/desmotivación tareas repetitivas/poco variadas.
- **Ver:** Next Prevención monotonía, Psicopreven monotonía, Mentevita monotonía, CCS Boreout 2025

42. **Motricidad fina**

- **Def.:** Capacidad coordinación pequeños grupos musculares (escritura, uso dispositivos).
- **Ver:** Lauaxeta motricidad fina, Dialnet motricidad fina, Programa grafo-plástico 2024, Centro Llorens escritura, Polo Conocimiento lectoescritura

P

43. **Postura neutra**

- **Def.:** Posición corporal minimiza estrés articulaciones/músculos actividades laborales docentes.
- **Ver:** INSST Posturas, INSST Tema 7, INSST Posturas evaluación riesgo

44. Productividad académica

- **Def.:** Medida eficiencia generación resultados educativos/investigación relación recursos utilizados.
- **Ver:** DOI: Productividad docente comunicación, Productividad IES México, Productividad profesores ingeniería, Eficiencia docente práctica, Liderazgo productividad académica

45. Pausa activa

- **Def.:** Breve interrupción jornada ejercicios físicos/respiratorios reducir fatiga.
- **Ver:** NTP 916 Descanso trabajo, Dialnet pausas activas

46. Prevención ergonómica

- **Def.:** Aplicación medidas diseño/organización reducir riesgos actividad docente.
- **Ver:** INSST Riesgos ergonómicos, INSST Normativa, Manual PRL ergonomía 2019, CENEA Riesgos ergonómicos 2025, ITSS Guía factores, ISTAS Medidas preventivas, ErgoIBV factores riesgo, Norma UNE-EN ISO 6385:2004/2016

R

47. Riesgo psicosocial

- **Def.:** Factores ambiente laboral universitario afectan salud mental/bienestar docentes.
- **Ver:** DOI: Riesgos psicosociales profesorado, DOI: Revisión riesgo psicosocial 2022, Estrés docente factores psicosociales, Factores riesgo psicosociales

48. Ritmo circadiano

- **Def.:** Ciclo biológico 24 horas regula funciones fisiológicas/cognitivas rendimiento docente.
- **Ver:** Ritmos circadianos eficiencia, Ritmos sueño rendimiento académico, Ritmos circadianos rendimiento cognitivo

49. Recuperación física

- **Def.:** Periodo necesario restaurar funciones fisiológicas después esfuerzo laboral.
- **Ver:** UCM Fatiga Laboral, CDC/NIOSH fatiga trabajo, Blog PRL IMF fatiga, NTP 916 Descanso, INVASSAT carga trabajo fatiga

50. Ruido ocupacional

- **Def.:** Exposición niveles ruido interfieren comunicación/concentración docente.
- **Ver:** INSST Ruido evaluación, INSST Ruido vibraciones, NTP 503 Confort acústico

S

51. Síndrome del edificio enfermo

- **Def.:** Conjunto síntomas inespecíficos ocupantes edificios educativos problemas calidad aire interior.
- **Ver:** DOI: Calidad aire SEE Trujillo RFMH, Enfermedades edificios, Contaminación microbiológica aire

52. Seguridad laboral

- **Def.:** Conjunto medidas técnicas/organizativas prevenir accidentes trabajo.
- **Ver:** INSST Seguridad, Campus Educación PRL centros, HSE Software PRL docencia, Edocentes riesgos centros, OIT seguridad salud 2025

53. Sobrecarga postural

- **Def.:** Exceso tensión músculos/articulaciones posturas mantenidas/inadecuadas.
- **Ver:** Sobrecarga postural enfermería 2025, Evaluación sobrecarga postural, INSST Tema 7, Norma ISO 11226:2000, Alteraciones posturales 2023

T

54. Temperatura operativa

- **Def.:** Índice combina temperatura aire/temperatura radiante media (evaluar confort térmico).
- **Ver:** NTP 501 Ambiente térmico, ISTAS microclima

55. Trastornos musculoesqueléticos

- **Def.:** Lesiones/disfunciones sistema locomotor relacionadas trabajo docente.
- **Ver:** DOI: TME docentes Cuenca 2023, DOI: TME riesgos ergonómicos 2024, Prevalencia TME teletrabajo COVID

56. Teletrabajo docente

- **Def.:** Modalidad enseñanza distancia mediada tecnologías (requiere condiciones ergonómicas específicas).

- **Ver:** Prevalencia TME teletrabajo, IBV Guía teletrabajo, Ministerio Ecuador teletrabajo

57. Tareas críticas

- **Def.:** Actividades alta exigencia cognitiva/física requieren atención especial diseño ergonómico.
- **Ver:** Correlación tiempo/exigencia 2025, INSST Tema 1, Ergonautas métodos evaluación

V

58. Ventilación natural

- **Def.:** Sistema renovación aire utiliza fuerzas naturales (viento, diferencias temperatura).
- **Ver:** Ventilación colegios COVID, Recomendación: 45 m³/h/persona

59. Vibración

- **Def.:** Oscilaciones mecánicas transmitidas cuerpo docente (suelo, asientos, equipos).
- **Ver:** INSST Vibraciones, INSST Ruido vibraciones, NTP 839 Vibraciones, RD 1311/2005 Vibraciones, ISO 2631-

1:1997, UNE-EN ISO 5349, USO efectos vibraciones, Vibraciones mano-brazo 2025, IDEA-RA vibraciones

60. Videoconferencia

- **Def.:** Medio comunicación sincrónica docencia remota (implicaciones postura, visión, carga mental).
- **Ver:** IBV Guía teletrabajo, ISP Chile ergonomía oficina, NTP 602 Pantallas, UCM Recomendaciones oficinas

61. Visión binocular

- **Def.:** Capacidad percibir imagen única/relieve integración ambas retinas.
- **Ver:** Área Oftalmológica visión, UV pruebas sensoriales, El Oculista visión, UA ergonomía visual, CUN visión binocular, AAO percepción profundidad, JoVE percepción profundidad, Neurociencias visión binocular

1.1.2 Resumen De Normas Citadas

Ergonomía General

- ISO 6385:2016 - Principios ergonómicos diseño sistemas trabajo
- UNE-EN ISO 6385:2016 - Versión española

Antropometría

- ISO 7250 - Especificaciones antropométricas
- ISO 5970:1979 - Mobiliario instituciones educativas

Iluminación

- ISO 8995-1:2002 - Lighting of work places
- UNE-EN 12464-1:2012 - Iluminación lugares trabajo interiores

Posturas y Movimientos

- ISO 11226 - Evaluación posturas trabajo estáticas
- ISO 11228-3 - Manipulación cargas baja frecuencia

Carga Física

- UNE-EN 28996 - Determinación producción calor metabólico

Ambiente Térmico

- ISO 9886:2004 - Evaluación tensión térmica medidas fisiológicas

Vibraciones

- ISO 2631-1:1997 - Evaluación exposición vibraciones cuerpo entero
- UNE-EN ISO 5349 - Medición/evaluación exposición vibraciones mano

Interfaces y Sistemas

- ISO 9241-230 - Diseño/evaluación centrado humano

1.1.3 Legislación Española Citada

Prevención de Riesgos Laborales

- DECRETO-EJECUTIVO-255-REGLAMENTO-SEGURIDAD-SALUD-TRABAJADORES
- Descargar decreto

Vibraciones Mecánicas

- NORMA TÉCNICA SEGURIDAD HIGIENE - Protección salud trabajadores vibraciones
- Citado: Descargar norma

1.1.4 Notas Técnicas De Prevención (NTP) Del INSST Citadas

Serie 100-200:

- NTP 177: Carga física trabajo definición/evaluación
- NTP 211: Iluminación centros trabajo

Serie 400-500:

- NTP 445: Carga mental trabajo fatiga
- NTP 501: Ambiente térmico inconfort local
- NTP 503: Confort acústico ruido oficinas

Serie 500-600:

- NTP 602: Diseño ergonómico puesto trabajo pantallas

Serie 800-900:

- NTP 839: Exposición vibraciones evaluación riesgo
- NTP 916: Descanso trabajo pausas
- NTP 922: Estrés térmico evaluación riesgos

Serie 1100-1200:

- NTP 1150: Riesgos ergonómicos nuevas tecnologías pantallas

1.1.5 Recursos Web Principales

Institucionales España

- INSST
- ISTAS

Institucionales Internacionales

- OIT
- NIOSH/CDC

Académicas

- Ergonautas UPV
- ErgoIBV

Bases de Datos Científicas

- Scielo: Portales regionales (Chile, Perú, México, Venezuela, Brasil, Costa Rica)
- Dialnet

- ResearchGate

1.2 Anexo 2: Instrumentos De Evaluación Ergonómica

1.2.1 Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Descripción: McAtamney y Corlett (1993) evalúa riesgos TME extremidades superiores (McAtamney & Corlett, 1993b).

Aplicación docente:

- Posturas escritura pizarra
- Uso equipos audiovisuales
- Posiciones escritorio preparación clases

Procedimiento:

1. Observación directa actividad
2. Registro fotográfico/videográfico
3. Análisis posturas brazo, antebrazo, muñeca
4. Evaluación fuerza/actividad muscular
5. Cálculo puntuación final (1-7)

Interpretación:

- 1-2: Postura aceptable

- 3-4: Requiere investigación adicional
- 5-6: Cambios requeridos corto plazo
- 7: Cambios inmediatos necesarios

1.2.2 Método REBA (Rapid Entire Body Assessment)

Descripción: Hignett y McAtamney (2000) analiza posturas todo cuerpo (Hignett & McAtamney, 2000b).

Aplicación docente:

- Posturas clases magistrales
- Movimientos laboratorios
- Actividades campo

Segmentos evaluados:

- Grupo A: Tronco, cuello, piernas
- Grupo B: Brazos, antebrazos, muñecas

Factores adicionales:

- Carga/fuerza aplicada
- Tipo agarre
- Actividad muscular

1.2.3 Método OWAS (Ovako Working Posture Analysis System)

Descripción: Karhu et al. (1977) identifica/evalúa posturas trabajo (Diego Mas, 2015; Karhu et al., 1977).

Codificación docentes:

- Espalda: 4 posiciones
- Brazos: 3 posiciones
- Piernas: 7 posiciones
- Carga: 3 categorías peso

Categorías acción:

1. Postura normal sin efectos
2. Posibilidad causar daño
3. Efectos dañinos sistema musculoesquelético
4. Extremadamente dañina

1.2.4 Ecuación Revisada De NIOSH

Descripción: Waters et al. (1993) cálculo peso máximo recomendado manipulación cargas (Waters et al., 1993b).

Aplicación universitaria:

- Manipulación equipos audiovisuales
- Transporte material didáctico
- Organización mobiliario aulas

Fórmula: El Límite de Peso Recomendado (RWL) para manipulación manual de cargas, calculado mediante la ecuación (16), establece el peso máximo que un trabajador puede manipular de forma segura bajo condiciones específicas.

$$RWL = LC \times HM \times VM \times DM \times AM \times FM \times CM \quad (16)$$

Donde:

- LC: Constante carga (23 kg)
- HM: Multiplicador horizontal
- VM: Multiplicador vertical
- DM: Multiplicador distancia
- AM: Multiplicador asimetría
- FM: Multiplicador frecuencia
- CM: Multiplicador calidad agarre

- RWL: Límite peso recomendado

1.2.5 Método JSI (Job Strain Index)

Descripción: Moore y Garg (1995) evalúa riesgo TME acumulativos extremidades superiores movimientos repetitivos (Moore & Garg, 1995).

Factores evaluados:

1. Intensidad esfuerzo
2. Duración esfuerzo
3. Esfuerzos por minuto
4. Postura mano/muñeca
5. Velocidad trabajo
6. Duración tarea por día

1.2.6 Software De Análisis

1.2.6.1. ERGO IBV

Descripción: Instituto Biomecánica Valencia evalúa riesgo tareas repetitivas ergoibv.com.

Módulos:

- Puestos trabajo pantallas

- Posturas estáticas
- Movimientos repetitivos

Métodos aplicables:

- RULA (McAtamney & Corlett, 1993a)
- Strain Index (Moore & Garg, 1995)
- Ergo/IBV Tareas Repetitivas (Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV), 2000)
- REBA (Hignett & McAtamney, 2000a)
- OCRA (Colombini et al., 2002)
- UNE-EN 1005-5 - Manipulación alta frecuencia («UNE-EN 1005-5:2007 Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia», 2007)

Fundamento: Información repetitividad movimientos, posturas brazos/cuerpo, muñecas, tiempo exposición posturas/tareas.

1.2.6.2. ERGOSOFT

Descripción: Psicopreven/Next Prevención desarrollo software PRL.

Software desarrollado:

- Next PRL: Gestión Riesgos Laborales
- Next MEDICAL: Vigilancia salud reconocimientos médicos
- Next SPA: Gestión Servicios Prevención Ajeno
- ERGOsoft Pro: Evaluación riesgos ergonómicos
- PSICOsoft Pro: Evaluación riesgos psicosociales
- VRScrtl: Control transmisión enfermedades empresa

Los softwares tienen como objetivos ayudar a los usuarios a reducir tiempos de estudio de datos en la evaluación de riesgos ergonómicos al facilitar el ingreso de información y análisis con las diferentes metodologías que incluye. Facilita la generación de informes de evaluación ergonómica de puestos de trabajo y la comparativa de los niveles de riesgo para la propuesta de mejoras. <https://nextprevencion.com/>.

1.3 Anexo 3: Cuestionarios Ergonómicos Para Docentes

1.3.1 Cuestionario De Síntomas Musculoesqueléticos (Adaptado Del Nordic Questionnaire) (Crawford, 2007b)

Sección A: Datos Demográficos

1. Nombre: _____

2. Edad: _____ años

3. Género: Masculino Femenino Otro Prefiero no decir

4. Experiencia docente: _____ años

5. Modalidad de trabajo: Presencial Virtual Híbrida

6. Horas de trabajo semanal: _____ horas

7. Tipo de contrato: Tiempo completo Tiempo parcial Por horas

8. Modalidad: Presencial () Virtual () Híbrida ()

Sección B: Síntomas por Región Anatómica

Tabla del Cuestionario Evaluación de Síntomas Musculo-esqueléticas por Región

Marque con una X si ha experimentado molestias, dolor o discomfort en las siguientes zonas durante los últimos 12 meses:

Tabla 62:*Evaluación de Síntomas Musculoesqueléticos por Región*

Región	¿Ha tenido molestias?	Duración	Intensidad (1-10)	¿Ha impedido trabajar?
Cuello	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Hombros	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Espalda alta	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Espalda baja	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Codos	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
Muñecas/manos	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No	___ días	___	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No

Factores Relacionados Con El Trabajo

- ¿Con qué frecuencia mantiene posturas estáticas durante más de 30 minutos?
 - Nunca () Raramente () A veces () Frecuentemente () Siempre ()
- ¿Utiliza pizarra tradicional en sus clases?
 - Sí () No () Ocasionalmente ()
- ¿Trabaja con computadora más de 4 horas diarias?
 - Sí () No ()
- ¿Su puesto de trabajo es regulable en altura?
 - Sí () No () Parcialmente ()

Figura 27:

Cuestionario de Síntomas Musculoesqueléticos (Nordic Questionnaire)

Please answer by using the tick boxes

– one tick for each question

Please note that this part of the questionnaire should be answered, even if you have never had trouble in any parts of your body.

Have you at any time during the last 12 months had trouble (such as ache, pain, discomfort, numbness) in:	Have you had trouble during the last 7 days:	During the last 12 months have you been prevented from carrying out normal activities (eg. job, housework, hobbies) because of this trouble:
1 Neck No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	2 Neck No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	3 Neck No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
4 Shoulders No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right shoulder 3 <input type="checkbox"/> in the left shoulder 4 <input type="checkbox"/> in both shoulders	5 Shoulders No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right shoulder 3 <input type="checkbox"/> in the left shoulder 4 <input type="checkbox"/> in both shoulders	6 Shoulders (both/either) No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
7 Elbows No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right elbow 3 <input type="checkbox"/> in the left elbow 4 <input type="checkbox"/> in both elbows	8 Elbows No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right elbow 3 <input type="checkbox"/> in the left elbow 4 <input type="checkbox"/> in both elbows	9 Elbows (both/either) No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
10 Wrists/hands No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right wrist/hand 3 <input type="checkbox"/> in the left wrist/hand 4 <input type="checkbox"/> in both wrists/hands	11 Wrists/hands No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> in the right wrist/hand 3 <input type="checkbox"/> in the left wrist/hand 4 <input type="checkbox"/> in both wrists/hands	12 Wrists/hands (both/either) No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
13 Upper back No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	14 Upper back No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	15 Upper back No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
16 Lower back (small of the back) No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	17 Lower back No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	18 Lower back No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
19 One or both hips/thighs/buttocks No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	20 Hips/thighs/buttocks No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	21 Hips/thighs/buttocks No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
22 One or both knees No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	23 Knees No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	24 Knees No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>
25 One or both ankles/feet No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	26 Ankles/feet No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>	27 Ankles/feet No Yes 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/>

Figure 2 Musculoskeletal questionnaire

Nota: Adaptado de (Crawford, 2007b).

1.3.2 Cuestionario De Carga Mental (NASA-TLX Adaptado) (Hart & Staveland, 1988)

Instrucciones: Evalúe cada factor en una escala de 1 a 21 según su experiencia durante una semana típica de trabajo.

DEMANDA MENTAL ¿Cuánta actividad mental fue requerida (pensar, decidir, calcular, recordar, buscar, investigar, etc.)?

Muy baja ||||| | Muy alta
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21

DEMANDA FÍSICA ¿Cuánta actividad física fue requerida (empujar, tirar, girar, controlar, activar, etc.)?

Muy baja ||||| | Muy alta
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21

DEMANDA TEMPORAL ¿Cuánta presión de tiempo sintió debido al ritmo de trabajo?

Muy baja ||||| | Muy alta
1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21







RENDIMIENTO ¿Qué tan exitoso considera que fue en cumplir los objetivos establecidos?

Perfecto ||||| | Deficiente

Figura 28:

Escala NASA-TLX para Evaluación de Carga Mental

En el siguiente cuadro debe marcar un punto en la escala que se presenta

<p>Exigencia Mental. ¿Qué tan demandante mentalmente es la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Exigencia Física. ¿Qué tan demandante mentalmente es la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>
<p>Exigencias Temporales. ¿Qué tan fuerte o rápido es el ritmo impuesto para hacer la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Rendimiento. ¿Qué tan exitoso ha sido para lograr lo que ha requerido?</p>  <p>Baja Alta</p>
<p>Esfuerzo. ¿Qué tan duro tiene que trabajar para lograr un adecuado nivel de rendimiento?</p>  <p>Baja Alta</p>	<p>Nivel de Frustración. ¿Qué tan inseguro, irritado o estresado y molesto está por la tarea?</p>  <p>Baja Alta</p>

Nota: Adaptado del (Instituto de Seguridad Laboral (ISL), Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2017).

Tabla 63:

Tabla de Evaluación del Método NASA TLX

Variable	(a) Peso	(b) Puntuación	(c) Puntuación convertida (b x 5)	(d) Puntuación Ponderada (c x a)
Exigencias Mentales				
Exigencias Físicas				
Exigencias Temporales				
Rendimiento				
Esfuerzo				
Frustración				
TOTAL	15			

Nota: Adaptado del método NASA TLX (Instituto de Seguridad Laboral (ISL), Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2017).

Tabla 64:*Tabla de Puntajes NASA TLX*

NASA TLX	Nivel de Carga Mental
500 puntos o menos	Bajo
Sobre los 500 puntos y por debajo de los 1000 puntos	Medio
Evaluación global sobre 1000 puntos y cuyos factores predominantes posean un carácter intrínseco (independientemente que la suma de factores intrínsecos no alcance los 100 puntos)	Alto

Nota: Clasificación de niveles de carga mental según puntuación NASA TLX (Instituto de Seguridad Laboral (ISL), Ministerio del Trabajo y Previsión Social, 2017).

1.3.3 Cuestionario De Factores Psicosociales (JCQ - Job Content Questionnaire)

El cuestionario JCQ mide factores como la libertad de decisión, las exigencias psicológicas y el apoyo social en el trabajo, para identificar riesgos psicosociales y facilitar la comparación entre empleos, empresas y países (Karasek & Theorell, 1990b).

El modelo de demanda-control-apoyo social fue diseñado para describir y analizar contextos laborales caracterizados por la presencia de estresores crónicos, centrándose de manera particular en los factores psicosociales del entorno de trabajo. Desde inicios de la década

de 1980, se ha consolidado como el marco teórico más influyente en el estudio del ambiente psicosocial laboral, el estrés y sus vínculos con la enfermedad, siendo además el que cuenta con mayor respaldo empírico para explicar los efectos sobre la salud (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2017).

Demandas Laborales

1. Mi trabajo requiere que aprenda cosas nuevas

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

2. Mi trabajo requiere un alto nivel de habilidad

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

3. Mi trabajo requiere que sea creativo

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

4. Mi trabajo requiere hacer las mismas cosas una y otra vez

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

Control Laboral

5. Mi trabajo me permite tomar decisiones propias

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

6. En mi trabajo, tengo muy poca libertad para decidir cómo hacer mi trabajo

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

Apoyo Social

7. Mi supervisor se preocupa por el bienestar de los subordinados

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

8. Los compañeros de trabajo son amistosos

- Totalmente en desacuerdo () En desacuerdo ()
De acuerdo () Totalmente de acuerdo ()

1.4 Anexo 4: Modelos De Check List Para Evaluación

1.4.1 Ejemplo Check List Para Evaluación Ergonómica De Aulas

Identificación Del Aula

- Edificio: _____
- Número de aula: _____
- Capacidad: _____ estudiantes
- Fecha de evaluación: _____
- Evaluador: _____

Dimensiones Y Distribución Espacial

Tabla 65:

Dimensiones y Distribución Espacial

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Área mínima por estudiante (1.2 m ²)			
Altura del techo adecuada (>2.8 m)			
Pasillos de circulación libres (>0.9 m)			
Distancia mínima pizarra-primer fila (2 m)			
Acceso para personas con discapacidad			

Mobiliario Docente

Tabla 66:

Mobiliario Docente

Elemento	Cumple	No cumple	Observaciones
Escritorio regulable en altura			
Silla ergonómica con respaldo			
Apoyo para pies disponible			
Superficie de trabajo adecuada (>1.2 m ²)			
Almacenamiento accesible			

Equipamiento Tecnológico

Tabla 67:

Equipamiento Tecnológico

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Proyector con resolución HD			
Pantalla/pizarra digital funcional			
Sistema de audio adecuado			
Conectividad HDMI/USB disponible			

Iluminación

Tabla 68:

Iluminación

Parámetro	Medición	Valor recomendado	Cumple
Iluminancia general (lx)		300-500	
Uniformidad de iluminación		>0.6	
Índice de deslumbramiento (UGR)		<19	
Control de luz natural		Disponible	

Acústica

Tabla 69:

Acústica

Parámetro	Medición	Valor recomendado	Cumple
Tiempo de reverberación (s)		0.6-1.0	
Nivel de ruido de fondo (dB)		<35	
Aislamiento acústico		Adecuado	

Ventilación Y Calidad Del Aire

Tabla 70:

Ventilación y Calidad del Aire

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Renovación de aire (>5 renovaciones/hora)			
Control de temperatura (20-24°C)			
Control de humedad relativa (40-60 %)			
Ausencia de corrientes de aire			

1.4.2 Check List Para Oficinas Docentes

Identificación De La Oficina

- Ubicación: _____
- Tipo: Individual () Compartida ()
- Número de ocupantes: _____
- Fecha de evaluación: _____

Espacio De Trabajo

Tabla 71:

Espacio de Trabajo

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Área mínima por persona (10 m ²)			
Superficie de trabajo adecuada			
Espacio para piernas suficiente			
Altura de mesa apropiada (70-76 cm)			
Apoyo para documentos			

Equipamiento Informático

Tabla 72:

Equipamiento Informático

Elemento	Cumple	No cumple	Observaciones
Monitor a distancia adecuada (50-70 cm)			
Pantalla sin reflejos			
Teclado y ratón ergonómicos			
Soporte para monitor			
Reposapiés disponible			

Mobiliario

Tabla 73:

Mobiliario

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Silla con 5 puntos de apoyo			
Respaldo regulable			
Altura del asiento regulable			
Apoyabrazos ajustables			
Material transpirable			

Almacenamiento

Tabla 74:

Almacenamiento

Elemento	Cumple	No cumple	Observaciones
Archivadores accesibles			
Estantería a altura apropiada			
Cajones con cierre suave			
Espacio para artículos personales			

Iluminación Específica

Tabla 75:

Iluminación Específica

Aspecto	Cumple	No cumple	Observaciones
Iluminación natural suficiente			
Lámpara de escritorio disponible			
Control independiente de luminarias			
Ausencia de deslumbramientos			

1.5 Anexo 5: Recursos Digitales

1.5.1 Bases De Datos Especializadas

■ Ergonomics Abstracts

- URL: <https://www.ergonomics.org.uk/>
- Descripción: Base de datos líder mundial en literatura ergonómica
- Acceso: Suscripción institucional
- Cobertura: 1960-presente
- Idiomas: inglés, español, francés, alemán

■ PubMed

- URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

- Descripción: Base de datos biomédica con amplia cobertura en ergonomía ocupacional
- Acceso: Gratuito
- Términos de búsqueda sugeridos: "occupational ergonomics", "workplace design", "musculoskeletal disorders"

■ **Web of Science Core Collection**

- URL: <https://www.webofscience.com/>
- Descripción: Base de datos multidisciplinaria con factor de impacto
- Categorías relevantes: Ergonomics, Occupational Health, Education & Educational Research
- Acceso: Suscripción institucional

■ **SCOPUS**

- URL: <https://www.scopus.com/>
- Descripción: Base de datos de citas y resúmenes de literatura científica
- Cobertura: Ciencias de la salud, ergonomía, ingeniería
- Acceso: Suscripción institucional

■ **SCIELO**

- URL: <https://scielo.org/>
- Descripción: Biblioteca científica de acceso abierto para América Latina
- Cobertura: Salud ocupacional, ergonomía, educación superior
- Acceso: Gratuito
- Idiomas: español, portugués, inglés

1.5.2 Repositorios Institucionales Ecuatorianos

■ Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte

- URL: <https://repositorio.utn.edu.ec/>
- Descripción: Tesis y trabajos de investigación en ergonomía e ingeniería industrial
- Acceso: Gratuito
- Formatos: PDF, audio, video

■ Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador

- URL: <http://www.dspace.uce.edu.ec/>
- Descripción: Investigaciones en salud ocupacional y psicología laboral
- Acceso: Gratuito

■ **Repositorio Institucional Universidad San Francisco de Quito**

- URL: <https://repositorio.usfq.edu.ec/>
- Descripción: Estudios multidisciplinarios en ergonomía y diseño
- Acceso: Gratuito

■ **Red Nacional de Información Científica y Tecnológica (REDICYT)**

- URL: <https://www.redicyt.ec/>
- Descripción: Portal de acceso a recursos científicos ecuatorianos
- Cobertura: Todas las disciplinas científicas
- Acceso: Gratuito para investigadores afiliados

1.5.3 Revistas Científicas De Alto Impacto

■ **Applied Ergonomics**

- Factor de impacto: 3.8 (2023)
- Editor: Elsevier
- ISSN: 0003-6870
- Frecuencia: Mensual

- Temática: Ergonomía aplicada, diseño de trabajo, factores humanos

■ **Ergonomics**

- Factor de impacto: 2.9 (2023)
- Editor: Taylor & Francis
- ISSN: 0014-0139
- Frecuencia: Mensual
- Temática: Ergonomía física, cognitiva y organizacional

■ **International Journal of Industrial Ergonomics**

- Factor de impacto: 2.6 (2023)
- Editor: Elsevier
- ISSN: 0169-8141
- Frecuencia: Bimensual
- Temática: Ergonomía industrial, diseño de sistemas de trabajo

■ **Human Factors**

- Factor de impacto: 3.1 (2023)
- Editor: SAGE Publications

- ISSN: 0018-7208
 - Frecuencia: Bimensual
 - Temática: Factores humanos, interacción humano-sistema
- **Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation**
- Factor de impacto: 1.8 (2023)
 - Editor: IOS Press
 - ISSN: 1051-9815
 - Frecuencia: Cuatrimestral
 - Temática: Prevención de lesiones ocupacionales, rehabilitación laboral

1.5.4 Plataformas De Formación Online

- **Coursera - Ergonomics Specialization**
- URL: <https://www.coursera.org/specializations/ergonomics>
 - Institución: Universidad de California, San Diego
 - Duración: 4-6 meses
 - Certificación: Disponible
 - Idioma: inglés con subtítulos en español

■ **edX - Workplace Safety and Health**

- URL: <https://www.edx.org/>
- Instituciones: MIT, Harvard, UC Berkeley
- Cursos relevantes: Ergonomía, seguridad ocupacional, psicología organizacional
- Acceso: Gratuito con opción de certificación paga

■ **FutureLearn - Ergonomics in the Workplace**

- URL: <https://www.futurelearn.com/>
- Institución: Coventry University
- Duración: 3 semanas
- Certificación: Disponible
- Idioma: inglés

■ **LinkedIn Learning - Ergonomics and Human Factors**

- URL: <https://www.linkedin.com/learning/>
- Cursos: Múltiples opciones de 1-4 horas
- Certificación: Disponible
- Idiomas: inglés, español

1.5.5 Canales De YouTube Especializados

■ Ergonomics Plus

- URL: <https://www.youtube.com/c/ErgonomicsPlus>
- Contenido: Tutoriales de evaluación ergonómica, casos de estudio
- Idioma: inglés
- Videos destacados: Office Ergonomics, RULA Assessment

■ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)

- URL: <https://www.youtube.com/user/NIOSHSafetyTraining>
- Contenido: Guías oficiales de seguridad y salud ocupacional
- Idioma: inglés
- Series: "Ergonomics and Musculoskeletal Disorders"

■ Ergonomía en Acción

- URL: <https://www.youtube.com/c/ErgonomiaEnAccion>
- Contenido: Tutoriales en español sobre ergonomía laboral
- Idioma: español

- Enfoque: Ergonomía práctica para trabajadores

1.5.6 Podcasts De Ergonomía

■ The Ergonomics Report

- Plataforma: Spotify, Apple Podcasts, Google Podcasts
- Frecuencia: Quincenal
- Duración: 30-45 minutos
- Temática: Entrevistas con expertos, casos de estudio

■ Human Factors Cast

- Plataforma: Principales plataformas de podcasting
- Frecuencia: Semanal
- Duración: 45-60 minutos
- Enfoque: Factores humanos en sistemas complejos

1.6 Anexo 6: Formación Docente Para Análisis Ergonómico

1.6.1 Herramientas De Capacitación Virtual

Capacitación en ergonomía y seguridad con realidad virtual STRIVR

- Desarrollador: Strivr

- URL: <https://www.strivr.com/>
- Funcionalidad: Entrenamiento inmersivo en seguridad y ergonomía.
- Precio: Comercial
- Plataforma: VR (Oculus/HTC)
- Características:
 - Simulación de situaciones reales
 - Práctica sin riesgo
 - Seguimiento de progreso
 - Escenarios personalizables

Diseño de espacios de trabajo con realidad aumentada HTC VIVE Pro (dispositivo)

- Desarrollador: HTC
- URL: <https://www.vive.com/>
- Funcionalidad: Hardware para capacitación inmersiva y simulación ergonómica.
- Precio: Comercial (USD 500–2000 aprox.)
- Plataforma: Windows

■ Características:

- Alta resolución y tracking preciso
- Compatibilidad con software de capacitación
- Ecosistema de accesorios

Otras aplicaciones: ARCore, ARKit, Microsoft HoloLens

1.6.2 Capacitación Recomendada

Tabla 76:

Resumen de Capacitación (programación anual)

Curso	Destinatario	Carga horaria	Modalidad	Norma base	Evidencia
Ergonomía aplicada a la docencia universitaria	Docentes	40-60 h	Presencial / Virtual	ISO 11226:2019; ISO 9241-5:2024	RNLE NIOSH; ROSA (CUErgo)
Diseño de puestos informatizados y teletrabajo	Docentes / Administrativos	20 h	Virtual síncrona	ISO 9241-5:2024; ISO 9241-11:2018	ISO 9241-5/11
Iluminación con DIALux evo (básico-intermedio)	Docentes / Infraestructura	16 h	Presencial	ISO/CIE 8995-1:2025	DIALux
Acústica de aulas con REW (TR e inteligibilidad)	Docentes / Infraestructura	12 h	Presencial	ANSI/ASA S12.60-2010(R2020)	REW
IAQ y confort térmico en aulas	Docentes / Autoridades	12-16 h	Híbrida	ASHRAE 55-2023	Airthings; PurpleAir; OSHA IAQ
Ergonomía cognitiva y diseño instruccional	Docentes	12 h	Virtual	ISO 10075-3:2020	Cognitive load literature
Salud psicosocial y prevención del burnout	Docentes / Autoridades	12 h	Virtual	ISO 45003:2021	Guías ISO 45003
Gestión de programas de ergonomía y SST	Autoridades / SST	16-24 h	Presencial	ISO 45001:2018; ISO 45003:2021	OHSMS best practices
Auditor interno ISO 45001	Autoridades / SST	24 h	Presencial	ISO 19011:2018; ISO 45001:2018	Auditoria interna ISO 45001 Cumplimiento normativo en edificios educativos
Cumplimiento normativo en edificios educativos	Infraestructura / Autoridades	16 h	Presencial	ISO/CIE 8995-1:2025; ASHRAE 55-2023; ANSI/ASA S12.60-2010(R2020)	CIE; ASHRAE; ANSI/ASA
DIALux evo avanzado	Infraestructura	16 h	Presencial	ISO/CIE 8995-1:2025	DIALux
REW avanzado (acústica de salas)	Infraestructura	12 h	Presencial	ANSI/ASA S12.60-2010(R2020)	REW
DesignBuilder/Energy Plus/Radiance (workshop)	Infraestructura	24 h	Híbrida	ASHRAE 55-2023	DesignBuilder
Tecnomatix Jack – fundamentos de modelado humano	Ingeniería / Docentes	16 h	Presencial	ISO 11226:2019; ISO 9241-5:2024	Siemens Jack
AnyBody/OpenSim – introducción a biomecánica computacional	Ingeniería / Investigación	16 h	Híbrida	Guías NIOSH (RN-LE)	AnyBody; OpenSim
IoT para edificios saludables (IAQ y ocupación)	Infraestructura / TI	12-16 h	Virtual	Guías (EPA/WHO)	IAQ Airthings; PurpleAir; Azure IoT; Cisco Spaces
VR/AR para capacitación en ergonomía y seguridad	Docentes / SST	12 h	Presencial	Buenas prácticas de diseño instruccional	Strivr; evidencia 2020 (Applied Sciences)

Nota: Resumen de programas de capacitación anual para docentes y personal administrativo.

1.7 Anexo 7: Marco Legal De Seguridad Y Salud En El Trabajo En Ecuador

1.7.1 Resumen

El marco legal ecuatoriano en seguridad y salud laboral se estructura según la pirámide de Kelsen, desde la Constitución como norma suprema, pasando por instrumentos internacionales (Decisión 584 y Resolución 957 de la Comunidad Andina), hasta el Decreto Ejecutivo 255 de 2024 que sustituye al Decreto Ejecutivo 2393 de 1986. Este sistema normativo incluye leyes orgánicas, resoluciones del IESS, acuerdos ministeriales y normativa institucional, configurando un sistema integral de protección de derechos laborales.

1.7.2 Introducción

La seguridad y salud en el trabajo constituye un derecho fundamental en la legislación ecuatoriana, estructurada conforme a la pirámide de Kelsen donde la Constitución representa la norma suprema (Asamblea Nacional, 2008). En 2024, el Decreto Ejecutivo 255 modernizó históricamente el marco regulatorio al sustituir después de casi cuatro décadas al Decreto Ejecutivo 2393 de 1986, incorporando estándares internacionales contemporáneos (Presidencia República del Ecuador, 2024).

1.7.3 Jerarquía Normativa

Constitución de la República del Ecuador (2008)

La Constitución establece los principios fundamentales en su artículo 326: el numeral 5 consagra que "toda persona tendrá derecho a desarrollar sus labores en un ambiente adecuado y propicio para el pleno ejercicio de sus facultades físicas y mentales, que garanticen su seguridad y salud en el trabajo"(Asamblea Nacional, 2008, art. 326, numeral 5). El numeral 6 reconoce el derecho a la reintegración laboral después de un accidente de trabajo o enfermedad, garantizando estabilidad laboral y prohibiendo despidos discriminatorios (Asamblea Nacional, 2008, art. 326, numeral 6).

Decisión 584 - Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo

La Decisión 584 de la Comunidad Andina define riesgo laboral como la "probabilidad de que la exposición a un factor ambiental peligroso en el trabajo cause enfermedad o lesión"(art. 1, literal e) y Salud Ocupacional como la rama que busca "promover y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores"(art. 1, literal s). El artículo 4 obliga a los países miembros a "propiciar el mejoramiento de las condiciones de seguridad y salud

en el trabajo"(Comunidad Andina, 2004, art. 4), mientras el artículo 11 establece que ".^{en} todo lugar de trabajo se deberán tomar medidas tendientes a disminuir los riesgos laborales"fundamentadas en sistemas de gestión (Comunidad Andina, 2004, art. 11).

Los artículos 18, 19 y 20 reconocen derechos específicos: ambiente laboral adecuado, información sobre riesgos, y solicitud de inspecciones cuando no existan condiciones adecuadas (Comunidad Andina, 2004, arts. 18-20).

Resolución 957 - Reglamento del Instrumento Andino

La Resolución 957 establece que "los Países Miembros procurarán que la vigilancia de la salud de los trabajadores no implique ningún costo para los trabajadores y, en la medida de lo posible, se realice durante las horas de trabajo"(Comunidad Andina, 2005, art. 8), garantizando gratuidad y realización en horario laboral.

Decreto Ejecutivo 255 - Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo (2024)

El Decreto Ejecutivo No. 255, emitido en el Registro Oficial Segundo Suplemento No. 554 con fecha 9 de mayo de 2024, representa la normativa actual que reemplaza de manera integral al Decreto 2393 del año 1986 (Presidencia República del Ecuador, 2024).

Objeto y ámbito: Respecto a la finalidad y cobertura, el (art. 1) tiene como propósito "fomentar una cultura preventiva y de protección en el ámbito de la seguridad y salud laboral"(Presidencia República del Ecuador, 2024, art. 1). Por su parte, el (art. 2) determina su cumplimiento obligatorio en toda la nación para la totalidad de los sectores, abarcando empleados públicos y privados, miembros de las Fuerzas Armadas, trabajadores domésticos, independientes y quienes laboran sin vínculo de dependencia (art. 2).

Obligaciones de empleadores: (art. 15); El patrono es responsable de nombrar encargados de seguridad y salud asegurando su autonomía; identificar peligros, valorar y mitigar riesgos; informar respecto a acciones preventivas; asegurar la gestión integral de salud; supervisar las condiciones laborales; implementar mecanismos de respuesta ante emergencias; mantener registros actualizados; investigar accidentes y patologías; asegurar rehabilitación y reincorporación laboral; y brindar protección a grupos de atención prioritaria.

Derechos de trabajadores: Los trabajadores gozan de las siguientes garantías laborales (art. 16), recibir inducción y formación; ejecutar tareas en entornos apropiados; requerir inspecciones; integrarse en programas formativos; suspender actividades frente a riesgo inminente; recibir atención de primeros auxilios; disponer de estabilidad laboral durante incapacidad temporal o sospecha de enfermedad pro-

fesional; y acceder a rehabilitación y reinserción laboral..

Responsables de SST (art. 18): Designados de acuerdo con el número de trabajadores y nivel de riesgo de la institución. Se establece el siguiente criterio: microempresas (1-9) requieren monitor o técnico; pequeñas (10-49) monitor/técnico más médico con cuarto nivel; medianas "A"(50-99) técnico; medianas "B"(100-199) técnico, médico y enfermero; grandes (200+) técnico y adicionales cada 200 trabajadores en riesgo bajo/medio o cada 100 en riesgo alto, incluyendo psicólogo desde 300 trabajadores y médico especialista en Medicina del Trabajo desde 1000.

Identificación de peligros (art. 47): Al iniciar, de forma periódica, actualizándose inmediatamente al producirse accidentes, enfermedades, cambios de procesos o modificaciones estructurales. Se aplicarán metodologías reconocidas.

Condiciones de centros de trabajo (art. 54): Mantener en buen estado infraestructura, instalaciones eléctricas, climatización y ventilación, rutas de evacuación, salidas de emergencia, accesos para discapacitados, y servicios permanentes.

Equipos de Protección Personal (EPP) (art. 56): Se proporcionará sin costo EPP que cumplan especificaciones técnicas en el caso de que las medidas colectivas resulten insuficientes.

SISAT (art. 63): La gestión de Servicios Integrales de Salud en

el Trabajo ejecutan: orientación y planificación, análisis de información, capacitación, acciones preventivas, manejo de accidentes, preparación ante emergencias, atención de enfermedades, cuidado de salud general, registros, y evaluación.

Acuerdo Ministerial MDT-2024-196

Desarrolla las normas de cumplimiento conforme al Decreto 255, especificando que el empleador designará monitor o técnico según número de trabajadores y nivel de riesgo (Ministerio del Trabajo del Ecuador, 2024, art. 13).

Acuerdo Ministerial 1404

Establece que las empresas deben proporcionar medios humanos, materiales y económicos para el servicio médico (Ministerio de Trabajo, 1978, art. 12), y que los trabajadores cooperarán en sus fines (art. 18).

Resolución CD513 - Seguro General de Riesgos del Trabajo

El artículo 4 otorga como prestación básica los servicios de prevención de riesgos laborales (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), 2016, art. 4). El artículo 7 establece criterios de diagnóstico: clínico, ocupacional, higiénico-epidemiológico, de laboratorio y mé-

dico legal (art. 7). El artículo 9 identifica factores de riesgo: químico, físico, biológico, ergonómico y psicosocial, considerando enfermedades profesionales las de la lista OIT (art. 9). El artículo 55 establece mecanismos de prevención mediante acción técnica: identificación, medición, evaluación y control de riesgos, vigilancia ambiental y de salud, y evaluaciones periódicas (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS), 2016, art. 55).

Ley Orgánica de la Salud

El artículo 6, numeral 16, responsabiliza al Ministerio de Salud de regular y vigilar las normas de seguridad y condiciones ambientales para prevención y control de enfermedades ocupacionales y reducir riesgos y accidentes" (Congreso Nacional del Ecuador, 2006, art. 6, numeral 16). El artículo 118 establece que los empleadores protegerán la salud para prevenir, disminuir o eliminar riesgos y enfermedades laborales (art. 118).

Ley Orgánica de Servicio Público

El artículo 23 reconoce como derechos irrenunciables: literal l) desarrollar labores en entorno adecuado que garantice salud, integridad, seguridad, higiene y bienestar; y literal m) reintegrarse tras accidente o enfermedad con período de recuperación certificado (Asamblea

Nacional del Ecuador, 2010, art. 23).

Ley de Seguridad Social

El artículo 155 establece que el Seguro General de Riesgos protege mediante programas de prevención y acciones de reparación, incluyendo rehabilitación física, mental y reinserción laboral (Congreso Nacional del Ecuador, 2001, art. 155).

Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional UTN

El numeral 2.7 establece derechos: información y capacitación permanente, ambiente adecuado, y formular recomendaciones (Universidad Técnica del Norte, 2023, numeral 2.7). El numeral 3.1 prohíbe obligar a laborar en ambientes insalubres sin protección y permitir ingreso en estado de embriaguez (numeral 3.1).

Conclusiones

El marco legal ecuatoriano en seguridad y salud laboral se estructura jerárquicamente desde la Constitución hasta normativa institucional, conformando un sistema coherente y sistemático. La expedición del Decreto Ejecutivo 255 en 2024 representa un avance histórico al modernizar integralmente la normativa de 1986, incorporando conceptos contemporáneos como los SISAT, fortaleciendo obligaciones preventivas de empleadores, ampliando derechos de trabajadores, y

estableciendo un sistema escalonado de responsables según tamaño de empresa y nivel de riesgo.

La regulación actual da prioridad al enfoque de prevención frente al de reacción, la protección grupal sobre la personal, y garantiza derechos esenciales como estabilidad laboral durante convalecencia, acceso sin costo a la capacitación y vigilancia de salud, y participación directa en manejo de seguridad ocupacional. Este marco completo, reforzado por leyes específicas, resoluciones del IESS, acuerdos ministeriales y normativas institucionales, establece un sistema sólido de protección laboral compatible con criterios de la OIT y la Comunidad Andina.

1.8 Conclusiones Y Recomendaciones

Este documento constituye un aporte para el avance del diseño del trabajo ergonómico del docente universitario. Integra conceptos de ergonomía, ingeniería de procesos, psicología laboral y gestión educativa, brindando una base teórica y práctica consistente, para optimizar los entornos de trabajo de académicos en ambientes flexibles de transformación digital y nuevas formas de ejecución del trabajo. Por su fundamentación en la investigación científica contemporánea se espera que esta investigación contribuya significativamente a la creación de directrices institucionales basadas en fundamento científico.

fico, promoviendo el bienestar del cuerpo docente y el fortalecimiento de la calidad académica en las universidades de Ecuador y el ámbito latinoamericano.

La utilización sistemática de estos recursos posibilita:

1. Evaluación objetiva de condiciones ergonómicas presentes mediante métodos validados científicamente
2. Diagnóstico preciso de riesgos y oportunidades de mejora
3. Implementación gradual de soluciones fundamentadas en evidencia
4. Monitoreo continuo del impacto de las intervenciones
5. Cumplimiento normativo con estándares nacionales e internacionales

La inversión en mejoras ergonómicas genera retornos tangibles en términos de:

- Reducción del ausentismo laboral
- Incremento de la productividad académica
- Mejora de la satisfacción laboral docente
- Disminución de costos por enfermedades ocupacionales

Se recomienda establecer un plan de implementación gradual de 3-5 años, con evaluación de resultados cada semestre y ajustes basados en retroalimentación de la comunidad docente.

Del estudio efectuado se sugiere que el diseño laboral docente se dirija hacia ambientes inteligentes, adaptables e inclusivos, donde tecnología y bienestar humano se integren armoniosamente. Para las universidades ecuatorianas, este escenario representa no solo un reto de adaptación, sino una oportunidad estratégica para replantear el rol del profesorado, mejorar su rendimiento y fortalecer su contribución social.

Bibliografía

- A, M.-Á. L., & A.-R., M. I. (2024). El especialista en ergonomía: perfil que promueve la innovación y la gestión para el bienestar de las personas. *Ergonomía, Investigación Y Desarrollo*, 6(3), 95-110. <https://doi.org/10.29393/EI D6-21EEMA20021>
- Adenipekun, M., Ajibola, M., & Oluwunmi, A. (2021). Innovation In Academic Workspace Design: The Implication For Sustainable Effectiveness. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 665, 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/665/1/012026>
- AENOR. (2024). Lean Management – NMark/Modelo de certificación. <https://www.aenor.com/>
- Afridah, W., Fitriyah, F. K., Lestari, Y. N., Amin, N., & Wikurendra, E. A. (2025). Mental health determinants among university lecturers during pandemics: A cross-sectional study in Indonesia. *Social Sciences & Humanities Open*, 11, 101504. <https://doi.org/10.1016/j.ssoaho.2025.101504>
- Al-Kharusi, S. (2017a). Financial sustainability of private higher education institutions: The case of publicly traded educational institutions. *Investment Management and Financial Innovations*, 14(3), 25-38. [https://doi.org/10.21511/imfi.14\(3\).2017.03](https://doi.org/10.21511/imfi.14(3).2017.03)
- Al-Kharusi, S. (2017b). Financial sustainability of private higher education institutions: The case of publicly traded educational institutions. *Investment Management and Financial Innovations*, 14(3), 25-38. <https://www.businessperspectives.org/index.php/journals/investment-management-and-financial-innovations/issue-259/financial-sust>

- ainability-of-private-higher-education-institutions-the-case-of-publicly-traded-educational-institutions
- Andrews, M. (2024, julio). Digital Eye Strain. <https://coopervisionlatam.com/practitioner/recursos-clinicos/fatiga-ocular-digital>
- Aniskina, N., & Terekhova, E. (2019). Innovative methods for quality management in educational organizations. *International Journal of Quality & Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-12-2016-0235>
- Antony, J., Sunder, V., Laux, C., & Cudney, E. (2019). *The Ten Commandments of Lean Six Sigma: A Guide for Practitioners*. Emerald Publishing Limited. <https://www.proquest.com/books/ten-commandments-lean-six-sigma/docview/2315993877/se-2?accountid=36862>
- Asamblea Nacional. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR [Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008]. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2010). Ley Orgánica del Servicio Público [Registro Oficial Suplemento 294, 6 de octubre de 2010].
- Audrin, C., & Audrin, B. (2024). Emotional intelligence in digital interactions – A call for renewed assessments. *Personality and Individual Differences*, 223, 112613. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2024.112613>
- Balanyà Rebollo, J., & De Oliveira, J. M. (2024). Teachers' Evaluation of the Usability of a Self-Assessment Tool for Mobile Learning Integration in the Classroom. *Education Sciences*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/educsci14010001>
- Balzer, W. K., Francis, D. E., Krehbiel, T. C., & Shea, N. (2016a). A review and perspective on Lean in higher education. *Quality Assurance in Education*, 24(4), 442-462. <https://doi.org/10.1108/QAE-03-2015-0011>

- Balzer, W. K., Francis, D. E., Krehbiel, T. C., & Shea, N. (2016b). A review and perspective on Lean in higher education. *Quality Assurance in Education, 24*(4), 442-462. <https://doi.org/10.1108/QAE-03-2015-0011>
- Barba et all. (2022). Uso de metodologías de aprendizaje basado en proyectos en la evaluación de asignaturas de ingeniería. *7th Virtual International Conference on Education, Innovation and ICT*, 64-65. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8834162>
- Becerra, N., Montenegro, S., Timoteo, M., & Suárez, C. (2019). Trastornos musculoesqueléticos en docentes y administrativos de una universidad privada de Lima Norte. *Peruvian Journal of Health Care and Global Health, 3*(1), 6-11. <https://revista.uch.edu.pe/index.php/hgh/article/view/30>
- Becerra Ostos, L. F., Ospina Quiceno, A. C., Manceira Quevedo, D., & Campo Rua, C. J. (2024). Efectos en las condiciones de salud de las Modalidades de Trabajo en Casa y Teletrabajo en Docentes Universitarios. *Revista Social Fronte-riza, 4*(4), e44331-e44331. [https://doi.org/10.59814/RESOFRO.2024.4\(4\)331](https://doi.org/10.59814/RESOFRO.2024.4(4)331)
- Belimane, W. (2024). Integrating Project-Based Learning in a Quality Management Course: Implementation Process and Students' Perception. *Economics and Business, 38*, 103-120. <https://doi.org/10.7250/eb-2024-0007>
- Benchmark Gensuite. (2024, septiembre). El ROI de los programas de ergonomía y prevención de lesiones en el lugar de trabajo. <https://benchmarkgensuite.com/ehs-blog/the-roi-of-workplace-ergonomic-and-injury-prevention-programs/>
- Bloomquist, C. D., Holtz, L., & Lampe, A. M. (2024). Case study in using value stream mapping in online graduate education. *Evaluation and Program Planning, 105*, 102447. <https://doi.org/10.1016/j.evaiprogramplan.2024.102447>

- Bolis, I., & Sznelwar, L. I. (2016). A case study of the implementation of an ergonomics improvement committee in a Brazilian hospital – Challenges and benefits. *Applied Ergonomics*, 53, 181-189. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2015.09.012>
- Bremer, M. (2015). The effective way to do a gemba walk. 48, 18-22. https://www.researchgate.net/publication/289546523_The_effective_way_to_do_a_gemba_walk
- Bridger, R. (2017). *Introduction to Human Factors and Ergonomics* (4th). https://www.researchgate.net/publication/318780726_Introduction_to_Human_Factors_and_Ergonomics_4th_Edition/citation/download
- C., R., & Y., P. (2017a). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (inf. téc. N.º KJ-NA-28775-EN-C (print),KJ-NA-28775-EN-N (online)). [https://doi.org/10.2760/178382\(print\),10.2760/159770\(online\)](https://doi.org/10.2760/178382(print),10.2760/159770(online))
- C., R., & Y., P. (2017b). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu* (inf. téc. N.º KJ-NA-28775-EN-C (print),KJ-NA-28775-EN-N (online)). [https://doi.org/10.2760/178382\(print\),10.2760/159770\(online\)](https://doi.org/10.2760/178382(print),10.2760/159770(online))
- Campos, A. A. R. (2022). *Frecuencia de síntomas musculoesqueléticos en trabajadores del Centro de Salud la Esperanza de la Microred Cono Norte Tacna en el marco de la emergencia sanitaria, Tacna 2021* [Tesis de maestría, Universidad Privada de Tacna] [In alicia-concytec]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UPTI_54c03c2dad2540dcf5becf%20%5Cnewline%206a7f62e94e
- Cantos-Sandoya, B. I. (2021). *Aplicación de la metodología Lean Six Sigma para la reducción de tiempos en procesos financieros de una IES (Universidad de Guayaquil)* [Tesis de maestría]. <https://www.dspace>

- .espol.edu.ec/handle/1234
56789/52595
- Carlos, C. L. (2023). Espacios de trabajo híbrido: liderazgo y gestión de equipos. *Instituto de Innovación Social ESADE*. <https://doi.org/10.56269/CCL20230216>
- Chaffin, D. B., Andersson, G. B. J., & Martin, B. J. (2006). *Occupational Biomechanics* (4th). Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Occupational+Biomchanics%2C+4th+Edition-p-9780471723431>
- Chen, Z., Lee, T., Yue, X., & Wang, J. (2022). How Time Pressure Matter University Faculties' Job Stress and Well-Being? The Perspective of the Job Demand Theory. *Frontiers in Psychology*, *13*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.902951>
- Chisag Pallmay, E. R., Guamán Altamirano, V. A., Altamirano Cajilema, S. C., Sisa Sangucho, S. I., & Vargas Vaca, J. E. (2025). El uso de herramientas con Inteligencia Artificial en la optimización de tareas administrativas del docente: The use of Artificial Intelligence tools to optimize teachers' administrative tasks. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, *6*(2), 2293-2313. <https://doi.org/10.56712/lata.m.v6i2.3831>
- C.-M., K. G., & Shang, I.-W. (2020). Using the Integrated Kano-RIPA Model to Explore Teaching Quality of Physical Education Programs in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(11). <https://doi.org/10.3390/ijerph17113954>
- Colombini, D., Occhipinti, E., & Grieco, A. (2002). Risk assessment and management of repetitive movements and exertions of upper limbs: Job analysis, OCRA risk index, prevention strategies and design principles [Método OCRA (Occupational Repetitive Actions) para la evaluación del riesgo por movimientos repetitivos de miembros superiores.]. *Ergonomics*.
- Comunidad Andina. (2004). Decisión 583 a 586 Instru-

- mento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.comunidadandina.org/DocOficialesFiles/Gacetas/Gace1067.pdf>
- Comunidad Andina. (2005). RESOLUCION 957: Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/RESO957.pdf>
- Congreso Nacional del Ecuador. (2001). Ley de Seguridad Social [Registro Oficial No. 239, 30 de noviembre de 2001].
- Congreso Nacional del Ecuador. (2006). Ley Orgánica de la Salud [Registro Oficial No. 423, 22 de diciembre de 2006].
- CONSEJO DE EDUCACIÓN SUPERIOR [CES]. (2021). Reglamento de Carrera y Escalafón del Personal Académico del Sistema de Educación Superior [Cuarto Suplemento del Registro Oficial No.506 , 30 de Julio 2021, Vigente, Última Reforma: Registro Oficial 623, 21-I-2022, (Resolución No. RPC-SE-19-No.055-2021)]. <https://www.ces.gob.ec/lotaip/2022/Marzo/a3/Reglamento%20de%20Carrera%20y%20Escalaf%C3%B3n%20del%20Personal%20Acad%C3%A9mico%20del%20Sistema%20de%20Educaci%C3%B3n%20Superior.pdf>
- Crawford, J. O. (2007a). The Nordic Musculoskeletal Questionnaire. *57*(4), 300-301. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqm036>
- Crawford, J. O. (2007b). The Nordic Musculoskeletal Questionnaire. *57*(4), 300-301. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqm036>
- Cudney, E. A., Venuthurumilli, S. S. J., Materla, T., & Antony, J. (2020a). Systematic review of Lean and Six Sigma approaches in higher education. *Total Quality Management & Business Excellence*, *31*(3-4), 231-244. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1422977>
- Cudney, E. A., Venuthurumilli, S. S. J., Materla, T., & Antony, J. (2020b). Systematic review of Lean and Six Sigma approaches in higher education. *To-*

- tal Quality Management & Business Excellence*, 31(3-4), 231-244. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1422977>
- Davidson, J. M., Price, O. M., & Pepper, M. (2020). Lean Six Sigma and quality frameworks in higher education – a review of literature. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(6), 991-1004. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2019-0028>
- de Souza Lima, E., de Oliveira, U. R., de Carvalho Costa, M., Fernandes, V. A., & Teodoro, P. (2023). Sustainability in Public Universities through lean evaluation and future improvement for administrative processes. *Journal of Cleaner Production*, 382, 135318. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135318>
- De la Torre, S. (2024). Competencias digitales avanzadas: top 10 habilidades clave que debes potenciar en tus equipos. <https://www.iseazy.com/es/blog/competencias-digitales-avanzadas/>
- Defranc Balanzategui, P. O., Arellano Valdiviezo, A. I., & Portilla Castell, Y. (2025). Estudio de ergonomía física y cognitiva en puestos de trabajos de docentes universitarios. *Más Vita*, 7(2), 131-140. <https://doi.org/10.47606/ACVEN/MV0276>
- Deza, L. W., & Aparicio, B. J. (2017). Exceso de horas de trabajo y la salud del docente en educación superior. *Crescendo*, 8(1), 136-148.
- Diego Mas, J. A. (2015). Evaluación postural mediante el método OWAS. <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/owas/owas-ayuda.php>
- Diesbourg, T. L., McAllister, M. J., & Costigan, P. A. (2024a). Effectiveness of and preference for a picture-based home office ergonomics assessment compared to a traditional in-person office ergonomics assessment: A case study from a Canadian University during the COVID-19 pandemic. *Applied Ergonomics*, 118, 104261.

- <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104261>
- Diesbourg, T. L., McAllister, M. J., & Costigan, P. A. (2024b). Effectiveness of and preference for a picture-based home office ergonomics assessment compared to a traditional in-person office ergonomics assessment: A case study from a Canadian University during the COVID-19 pandemic. *Applied Ergonomics*, *118*, 104261. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104261>
- Domenico, E. R.-I. (2017). A simulation/optimization approach to support resource allocation in a service firms. *International Journal of Procurement Management*. <https://doi.org/10.1504/IJPM.2018.10006762>
- Douglas, J., Antony, J., & Douglas, A. (2015a). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *32*(9), 970-981. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160>
- Douglas, J., Antony, J., & Douglas, A. (2015b). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *32*(9), 970-981. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160>
- Douglas, J., Antony, J., & Douglas, A. (2015c). Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking. *International Journal of Quality & Reliability Management*, *32*(9), 970-981. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160>
- Driessen, M. T., Proper, K. I., Anema, J. R., Bongers, P. M., & van der Beek, A. J. (2010). The effectiveness of participatory ergonomics to prevent low back and neck pain: results of a cluster randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, *37*(5), 383-393. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3313>

- European Agency for Safety & Health at Work. (2025). European Agency for Safety & Health at Work - Information, statistics, legislation and risk assessment tools. <https://osha.europa.eu/en>
- Fabian, L. (2017). Costo/Beneficio un Modelo Estratégico para el Gestor de la Seguridad y Salud Ocupacional. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 17. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstreams/af6099c7-1462-4542-85e7-587b21aacc9d/download>
- Falcones Molina, E. L., & Pastorán Calles, F. R. (2025). BIG DATA E INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL CONTEXTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA FOMENTAR LOS ODS. *REVISTA CIENTÍFICA MULTIDISCIPLINARIA ARBITRADA YACHASUN - ISSN: 2697-3456*, 9(16), 1022-1054. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/651>
- Fernández Suárez, I., García González, M. A., Torrano, F., & García González, G. (2021). Study of the Prevalence of Burnout in University Professors in the Period 2005-2020. *Education Research International*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/7810659>
- Ferrari, A., Micucci, D., Mobilio, M., & Napoletano, P. (2021). Trends in human activity recognition using smartphones. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 7(3), 189-213. <https://doi.org/10.1007/s40860-021-00147-0>
- Flor, V. (2020). ¿Qué es el diseño biofílico y por qué será parte de las tendencias del 2021? <https://www.admagazine.com/interiorismo/que-es-diseno-biofilico-por-que-sera-tendencia-20200817-7281-articulos>
- Freivalds, A. (2014). *Niebel's Methods, Standards, and Work Design - Thirteenth Edition*. <https://consensus.app/papers/niebels-methods-standards-and-work-design-thirteenth-freivalds/8e547b048b595ee58934>

- 2e%20%5Cnewline%209bc7d67964/
- García Salirrosas, E. E., & Sánchez Poma, R. A. (2020). Prevalencia de trastornos musculoesqueléticos en docentes universitarios que realizan teletrabajo en tiempos de COVID-19. *Anales de La Facultad de Medicina*, 81(3), 301-307. <https://doi.org/10.15381/anales.v81i3.18841>
- González-Palacios, Y. L., Ceballos-Vásquez, P. A., & Rivera-Rojas, F. (2021). Carga mental en profesores y consecuencias en su salud: una revisión integrativa. *Brazilian Journal of Occupational Therapy*. <https://doi.org/10.1590/2526-8910.ctoAR2123>
- Goyes Acaro, F., Mateo Sánchez, J. L., & Macías Vera, T. (2024). Estrés laboral y burnout en docentes universitarios. *DeporVida, Universidad de Holguín*, 21(60), 125-144. <https://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/33838>
- Hackman, J. R., & Oldham, G. R. (1976). Motivation through the design of work: test of a theory. *Organizational Behavior and Human Performance*, 16(2), 250-279. [https://doi.org/10.1016/0030-5073\(76\)90016-7](https://doi.org/10.1016/0030-5073(76)90016-7)
- Hadek, A., Bekkali, S., & Ajana, S. (2023). Evaluation of the Lean Approach Implementation in Engineering Education. *Emerging Science Journal*. <https://doi.org/10.28991/esj-2023-07-04-07>
- Haerizadeh, M., & Sunder, V. M. (2019). Impacts of Lean Six Sigma on improving a higher education system: a case study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(6), 983-999. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2018-0198>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014a). Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014b). Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamifica-

- tion, 3025-3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of Empirical and Theoretical Research. En P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload* (pp. 139-183, Vol. 52). North-Holland. [https://doi.org/10.1016/S0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/S0166-4115(08)62386-9)
- Haukka, E., Leino-Arjas, P., & Viikari-Juntura, E. (2008). A randomised controlled trial on whether a participatory ergonomics intervention could prevent musculoskeletal disorders. *Occupational and Environmental Medicine*, 65(12), 849-856. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.034579>
- Healy, G. N., Eakin, E. G., LaMontagne, A. D., Owen, N., Winkler, E. A. H., Wiesner, G., Gunning, L., Neuhaus, M., Lawler, S., Fjeldsoe, B. S., & Dunstan, D. W. (2013). Reducing sitting time in office workers: Short-term efficacy of a multicomponent intervention. *Preventive Medicine*, 57(1), 43-48. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2013.04.004>
- Hernández Alvarez, A., Ruiz Gutiérrez, A., Alvarez López, L. E., & Palmero Venega, O. L. (2023). Herramientas para la gestión de la calidad en la universidad. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10070184>
- Herrera-Sánchez, M. J., Casanova-Villalba, C. I., Moreno-Novillo, Á. C., & Mina-Bone, S. G. (2024). Tecnoestrés en docentes universitarios con funciones académicas y administrativas en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(11), 606-621. <https://doi.org/10.52080/RVGLUZ.29.E11.36>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000a). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000b). Rapid enti-

- re body assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201-205. [https://doi.org/10.1016/s0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/s0003-6870(99)00039-3)
- Indergård, K., & H., G. K. (2025). The impact of workplace design on academic staff: a systematic literature review. *Building Research & Information*. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09613218.2024.2419868>
- INEN. (1997). NTE INEN-ISO 9241-1 REQUISITOS ERGONÓMICOS PARA TRABAJOS DE OFICINA CON PANTALLAS DE VISUALIZACIÓN DE DATOS (PVD). PARTE 1: INTRODUCCIÓN GENERAL [ISO 9241-1:1997, IDT]. https://www.academia.edu/33574618/NTE_INEN_ISO_9241_1_REQUISITOS_ERGON%C3%93MICOS_PARA_TRABAJOS_DE_OFICINA_CON_PANTALLAS_DE_VISUALIZACI%C3%93N_DE_DATOS_PVD_PARTE_1_INTRODUCCI%C3%93N_GENERAL_ISO_9241_1_1997_IDT
- INNOVERSIA. (2024). Evaluación de Plataformas Educativas: Criterios Clave y Guía 2025 InnoversIA. <https://innoversia.net/evaluacion-plataformas-educativas-criterios-clave/>
- Instituto de Biomecánica de Valencia (IBV). (2000). *Método Ergo/IBV para la evaluación de puestos de trabajo con tareas repetitivas* (Informe técnico) (Método para la evaluación y prevención de riesgos por movimientos repetitivos). Instituto de Biomecánica de Valencia. Valencia, España.
- Instituto de Seguridad Laboral (ISL), Ministerio del Trabajo y Previsión Social. (2017). Método NASA TLX (Task Load Index) [Campus de Prevención, Gobierno de Chile]. Consultado el 4 de enero de 2025, desde https://ergonomia.isl.gob.cl/app_ergo/nasatlx/
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2017). NTE INEN 1649: Muebles de oficina. Asientos. Requisitos. <https://inennormalizacion.blogspot.com/>

- 2017/07/nte-inen-1649-muebles-de-oficina.html
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2025). Normas de ergonomía para mejorar las condiciones laborales en las organizaciones. <https://www.normalizacion.gob.ec/conoce-las-normas-de-ergonomia-para-mejorar-las-condiciones-laborales-en-las-organizaciones/>
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS). (2016). Resolución CD513: Seguro General de Riesgos del Trabajo [Registro Oficial Suplemento 753, 25 de julio de 2016].
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2001). NTP 602: El diseño ergonómico del puesto de trabajo con pantallas de visualización: el equipo de trabajo. https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_602.pdf/51b9742c-27a1-4ece-a446-ca88cb6d926
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud el Trabajo [INSST]. (1998). NTP 445: Carga mental de trabajo: fatiga. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/13-serie-ntp-numeros-436-a-470-ano-1998/ntp-445-carga-mental-de-trabajo-fatiga>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2017). NTP 603: Riesgo psicosocial: el modelo demanda-control-apoyo social (I). https://saludlaboral.org/wp-content/uploads/2017/02/ntp_603.pdf
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST]. (2024). NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo. <https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/6-serie-ntp-numeros-191-a-225-ano-1989/ntp-211-iluminacion-de-los-centros-de-trabajo>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST] and others. (2020). NTP 1137: Ergonomía participativa: un enfoque diferente en la gestión del riesgo ergonómico. <https://www.insst.es/doc>

- umentacion/colecciones-tecnicas/ntp-notas-tecnicas-de-prevencion/33-serie-ntp-numeros-1136-a-1151-ano-2020
- International Ergonomics Association [IEA]. (2000). What Is Ergonomics (HFE)? <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>
- ISO. (2015). ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- ISO. (2016). ISO 6385:2016(en) Ergonomics principles in the design of work systems. <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:6385:ed-3:v1:en>
- ISO. (2017). ISO 7250-1:2017 Medidas corporales básicas para el diseño tecnológico Parte 1: Definiciones y puntos de referencia de las medidas corporales. <https://www.iso.org/standard/65246.html>
- ISO. (2019). ISO 9241-210:2019. Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems [Geneva: International Organization for Standardization]. <https://www.iso.org/standard/77520.html>
- ISO. (2023). ISO/IEC 23894:2023, AI risk management. <https://www.iso.org/standard/77304.html>
- Iso Tools. (2016, febrero). EL ciclo PHVA para la Mejora Continua de las organizaciones. <https://www.isotools.us/2016/02/25/ciclo-phva-para-mejora-continua/>
- J., R. R., et al. (2014). Procedimiento ergonómico para la prevención de enfermedades en el contexto ocupacional. *Revista Cubana de Salud Pública*, 40(2), 279-285. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v40n2/spu13214.pdf>
- Jorquera, S., Pérez, J. C., & Martínez, R. (2023). Stress and Burnout in Higher Education: The role of ergonomic interventions. *International Journal of Educational Research*, 118, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.ijer.2023.102165>
- Junco, R. (2012). In-class multitasking and academic performance. *Computers in*

- Human Behavior*, 28(6), 2236-2243. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2012.06.031>
- Karasek, R., & Theorell, T. (1990a). *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life*. Basic Books. <https://www.scirp.org/reference/references/papers?referenceid=1955102>
- Karasek, R., & Theorell, T. (1990b). *Healthy Work: Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life*. Basic Books.
- Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977). Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(77\)90164-8](https://doi.org/10.1016/0003-6870(77)90164-8)
- Karunarathne, E. A. C. P., & Dhananjana, E. T. (2022). Layout planning with the style changeovers in development centers: A case study in apparel industry. *Indian Journal of Commerce and Management Studies*, 13(2), 1-7. <https://doi.org/10.18843/ijcms/v13i2/01>
- Karwowski, R. E. W. (2020). *International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors* (C. T. bibinitperiod F. Press, Ed.; 3rd). CRC Taylor & Francis Press. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780849375477_A25120154/preview-9780849375477_A25120154.pdf
- Karwowski, W., & Zhang, W. (2021). The Discipline of Ergonomics and Human Factors. En W. K. Gavriel Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (5th, pp. 1-37). John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119636113>
- Keene, K., Dietz, R., Holstein, K., & Reamer, A. (2011). Mathematics INstruction using Decision Science and Engineering Tools. *Proceedings - Frontiers in Education Conference*. <https://doi.org/10.1109/FIE.2011.6143009>
- Kemmlert, K. (1996). Economic impact of ergonomic in-

- tervention—Four case studies. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 6(1), 17-32. <https://doi.org/10.1007/BF02110392>
- Kenny, J., & Fluck, A. (2017). Towards a methodology to determine standard time allocations for academic work. *Journal of Higher Education Policy and Management*, 39, 503-523. <https://doi.org/10.1080/1360080X.2017.1354773>
- Khalid, R., Nawawi, M. K. M., Kawsar, L. A., Ghani, N. A., Kamil, A. A., & Mustafa, A. (2013). A discrete event simulation model for evaluating the performances of an m/g/c/c state dependent queuing system. *PloS One*, 8(4), e58402. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058402>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Cuestionarios nórdicos estandarizados para el análisis de síntomas musculoesqueléticos. *Applied Ergonomics*, 18(3), 233-237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Lema Barrera, D. V. (2013). *Comparación estadística de medidas antropométricas entre mestizos, indígenas y afro ecuatorianos de la Región Sierra del Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2631>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill. <https://vietnamwcm.wordpress.com/wp-content/uploads/2008/07/mcgraw-hill-thetoyotaway-14managementprinciples.pdf>
- Lin, T. Y., Teixeira, M. J., Fischer, A. A., Barboza, H. F. G., Imamura, S. T., R, J. M., & Azze, R. J. (1997). Work-related musculoskeletal disorders. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 8(1), 113-117. [https://doi.org/10.1016/S1047-9651\(18\)30347-4](https://doi.org/10.1016/S1047-9651(18)30347-4)

- Liu, L., Liu, Z., & Li, S. (2024). Cognitive Load in Multitasking Scenarios: A Qualitative Study Overview—Analysis of Cognition and Experience. *Journal of Humanities, Arts and Social Science*, 8(7), 1700-1705. <https://doi.org/10.26855/JHASS.2024.07.028>
- Lobo, R. M., Paba, M. M. C., & Torres, B. M. (2020). Análisis descriptivo de experiencias gamificadas para enseñanza y aprendizaje en educación superior en ingeniería. *41*(16), 21. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n16/20411621.html>
- López, M. A., Gimeno, D., Bültmann, U., & Benavides, F. G. (2015). The association of ergonomic interventions with reduced sickness absence: a systematic review. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 88(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s00420-014-0943-8>
- Lor, L. (2022, julio). Los 10 Principios de la Usabilidad Web (con ejemplos). <https://www.marketinet.com/blog/10-principios-usabilidad-web/>
- Lozada-Ávila, C., & Gómez, S. B. (2018). Gamification in Higher Education: A Systematic Review. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 97-124. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n31a5>
- Lu, J., Laux, C., & Antony, J. (2017). Lean Six Sigma leadership in higher education institutions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(5), 638-650. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-09-2016-0195>
- Luna, A. Á., Lopez, D. A. D., Baez, A. A. L., & Herrera, L. A. C. (2025). Riesgos ergonómicos en la salud de los docentes universitarios en el teletrabajo. *UNESUM - Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria*, 9(1), 61-73. <https://doi.org/10.47230/UNESUM-CIENCIAS.V9.N1.2025.61-73>
- Lund, S., Madgavkar, A., & Manyika, J. (2021). *The future of work after COVID-19* (inf. téc.). Mc-

- Kinsey Global Institute Company. <https://www.mckinsey.com/featured-insights/future-of-work/the-future-of-work-after-covid-19>
- M., V. S. (2016). Lean Six Sigma in higher education institutions. *International Journal of Quality & Service Sciences*, 8(2), 159-178. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2015-0043>
- Malvido, A. (2019, abril). Así es el Aula del Futuro. <https://www.cursosfemxa.es/blog/gamificacion-estrategia-a-educativa>
- María, V. M., et al. (2023). Estudio ergonómico dentro del contexto universitario en personal administrativo, académico y de dependencia de planta central. *Revista Universidad y Sociedad*. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4062/4630>
- Martínez, C. G. (2019). Para no salir(se) de cauce: la regulación emocional en el trabajo docente. *Revista Digital Univeritaria UNAM*, 20(6). <https://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2019.v20n6.a1>
- Mazumder, Q. H. (2014). Applying six sigma in higher education quality improvement, 24.191.1-24.191.14. <https://doi.org/10.18260/1-2--20082>
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993a). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993b). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91-99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Mejías Herrera, S. H., & Peláez Velázquez, Y. (2019). *Antropometría: requerimientos actuales para el diseño en puestos, procesos y sistemas de trabajo*. Editorial Feijóo. <https://dspace.uclv.edu.cu/items/e271b402>

- 1021-4222-82a7-3b265c0c561b
- Menteşoğulları, E. (2023). Total Quality Management in Education: A Strategic Approach for Continuous Improvement and Success. *International Journal of Social Sciences*. <https://doi.org/10.52096/usbd.7.29.10>
- Ministerio de Educación del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires. (2025). Metodología 5 Ss una experiencia en la Educación Técnico Profesional. <https://biblioteca-digital.bue.edu.ar/frontend/colecciones-sobre-educacion-y-trabajo/9340/9693/download>
- Ministerio de Trabajo. (1978). Acuerdo Ministerial 1404: Normas sobre servicios médicos en empresas [Registro Oficial No. 256, 15 de noviembre de 1978].
- Ministerio del Trabajo del Ecuador. (2024). Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo - Ministerio del Trabajo. <https://www.trabajo.gob.ec/reglamento-de-seguridad-y-salud-en-el-trabajo/>
- Miya, T. K., & Govender, I. (2022). UX/UI design of online learning platforms and their impact on learning: A review. *International Journal of Research in Business and Social Science* (2147- 4478). <https://doi.org/10.20525/ijrbs.v11i10.2236>
- Mohammad, A., & Pedersen, L. (2022). Analyzing the Use of Heuristics in a Virtual Reality Learning Context: A Literature Review. *Informatics*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/informatics9030051>
- Mondelo, P. R., Torada, E. G., & Barrau Bombardó, P. (2015). *Ergonomía 1: fundamentos*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/61404>
- Montes, J., & Giraldo, F. (2020). Application of a BPM-Based Approach in the Redesign of the Academic Follow-up Process of a Public High School in Colombia. *2020 XLVI Latin American Computing Conference (CLEI)*, 118-127. <https://doi.org>

/10.1109/CLEI52000.2020.00021

- Moore, S. J., & Garg, A. (1995). The Strain Index: A Proposed Method to Analyze Jobs For Risk of Distal Upper Extremity Disorders. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 56(5), 443-458. <https://doi.org/10.1080/15428119591016863>
- Mora, S. F., Díaz Ocampo, J., & Rodríguez Miranda, R. (2025). Evaluación de la calidad de las plataformas LMS en las instituciones de Educación Superior: una revisión sistemática de literatura. *Revista Conrado*, 21(103), E4452. <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/download/4452/3977/8984>
- Moshchenko, I., & Nikitenko, O. (2023). VALUE STREAM MAP OPTIMIZATION MODEL IN THE FIELD OF EDUCATIONAL SERVICES. *Key Title: Zbìrnik Naukovih Prac' Odes'koï Deržavnoï Akademii Tehničnogo Regulûvannâ Ta Âkostì*, 6-15. <https://doi.org/10.32684/2412-5288-2023-2-23-6-15>
- Murray, P. J., Mgutshini, P. T., & Mavundla, D. A. (2024). Variables That Are Challenging To Quantify In Academic Workload Allocation: Time Tricksters. *Educational Administration: Theory and Practice*, 30(8), 565-572. <https://doi.org/10.53555/kuey.v30i8.5651>
- Narainsamy, N., Akpa-Inyang, F. F., Onwubu, S. C., Govender, N., & Pillay, J. D. (2025). Ergonomic Challenges and Musculoskeletal Pain During Remote Working: A Study of Academic Staff at a Selected University in South Africa During the COVID-19 Pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 22(1), 79. <https://doi.org/10.3390/IJERPH22010079>
- Oakman, J., et al. (2020). Tertiary education in ergonomics and human factors: quo vadis? *Ergonomics*, 63(3), 243-252. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1701095>

- Oakman, J., Hignett, S., Davis, M., Read, G., Aslanides, M., Mebarki, B., & Legg, S. (2019). Tertiary education in ergonomics and human factors: quo vadis? *Ergonomics*, *63*(3), 243-252. <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1701095>
- Oluwafemi, I., & Laseinde, T. (2020). Useful Total Quality Management Critical Success Fundamentals in Higher Education Institution. En T. Ahram, W. Karwowski, S. Pickl & R. Taiar (Eds.), *Human Systems Engineering and Design II* (pp. 1066-1074). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-27928-8_158
- O'Reilly, S. J., Healy, J., Murphy, T., & Ó'Dubhghaill, R. (2019a). Lean Six Sigma in higher education institutes: an Irish case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, *10*(4), 1005-1029. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2018-0088>
- O'Reilly, S. J., Healy, J., Murphy, T., & Ó'Dubhghaill, R. (2019b). Lean Six Sigma in higher education institutes: an Irish case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, *10*(4), 1005-1029. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-08-2018-0088>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2011). Aspectos físicos y fisiológicos. En Stellman (Ed.), *Encyclopedia of Occupational Health and Safety* (4th, Vol. Parte IV). Organización Internacional del Trabajo [OIT]. <https://www.iloencyclopaedia.org/es/part-iv-66769/ergonomics-52353/physical-and-physiological-aspects>
- Organización Internacional del Trabajo [OIT]. (2024). Ergonomía OIT. https://www.ilo.org/global/topics/safety-and-health-at-work/areasofwork/occupational-health/WCMS_154540/lang--es/index.htm
- Organización Internacional del Trabajo [OIT] & Kanawaty, G. (1992). *Introduction to Work Study*. <https://www.ilo.org/publications/introduction-work-study-4th-revised-edition>

- Pacheco Peralta, N. E. (2025). Bienestar Laboral y Salud Mental en docentes universitarios: Una Revisión documental. *Polo Del Conocimiento*, 10(1), 517-538. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9284329.pdf>
- Palmer, G. I., Knight, V. A., Harper, P. R., & Hawa, A. L. (2019). Ciw: An open-source discrete event simulation library. *Journal of Simulation*, 13(1), 68-82. <https://doi.org/10.1080/17477778.2018.1473909>
- Pheasant, S. (2016). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and the Design of Work* (4th). CRC Press. <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20ANTROPOMETRI/Bodyspace%20Anthropometry,%20Ergonomics%20and%20the%20Design%20of%20the%20Work,%20Second%20Edition.pdf>
- Praburam, S. (2024). ¿Cuántos monitores son demasiados? <https://clickup.com/es-ES/blog/242589/demasiados-monitores-para-el-trabajo>
- Presidencia República del Ecuador. (2024). Decreto Ejecutivo No. 255: Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2024/01/DECRETO-EJECUTIVO-255-REGLAMENTO-DE-SEGURIDAD-Y-SALUD-DE-LOS-TRABAJADORES.pdf>
- Pumasunta, J. A., Rodríguez, M. L., & Gómez, P. (2024). Functional Capacity Evaluation in University Professors: A longitudinal study. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 34(2), 245-256. <https://doi.org/10.1007/s10926-023-10156-8>
- R., V. H., & S., R. P. (2024). Análisis de los procesos de la Educación Superior del Ecuador. *593 Digital Publisher CEIT*, 9(4-1), 106-117. <https://doi.org/10.33386/593dp.2024.4-1.2655>
- Registro Oficial - Ecuador No 73. (2025). LEY ORGÁNICA DE LAS PERSONAS CON DISCAPACI-

- DAD. <https://www.lexis.com.ec/noticias/registro-oficial-del-dia-ley-organica-de-discapacidades>
- Renata, C. (2022). Similitudes y diferencias entre el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje basado en proyectos. *Revista Para El Aula*, 44. <http://www.usfq.edu.ec/sites/default/files/2023-01/pea-044-001.pdf>
- Revelo Ojeda, D. R. (2024). La incidencia de la formación continua en la ergonomía y la seguridad industrial. *Reincisol*, 3(6), 136-158. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)136-158](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)136-158)
- Reyes Narváez, S. E., León Huerta, B. M., Nuñez Zarazú, L., Lezameta Blas, U., Valderrama Rios, O. G., & Ponte Valverde, S. I. (2021). Teletrabajo en el contexto Covid-19 y su impacto en la salud de docentes universitarios. *Revista Vive*, 4(12), 600-612. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v4i12.117>
- Reyes Ruíz, F., et al. (2023). Fatiga y Teletrabajo en Docentes de Latinoamérica. Una Necesidad Urgente de Estudio. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 5(2), 77-86. <https://doi.org/10.29393/EID5-15FTFR60015>
- Rhaffor, K., & Jamian, R. (2020). The Role of 5S in Improving Occupational Safety and Health Management System (OSHMS) in Small and Medium Enterprises (SMEs). *Journal of Safety, Health and Ergonomics*, 2, 1-6. https://www.researchgate.net/publication/346510096_The_Role_of_5S_in_Improving_Occupational_Safety_and_Health_Management_System_OSHMS_in_Small_and_Medium_Enterprises_SMEs
- Riaño Casallas, M. (2017). *Economía de la salud y seguridad en el trabajo: un análisis de costos y beneficios desde las perspectivas del asegurador y de la empresa* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia]. https://d9b6rardqz97a.cloudfront.net/wp-content/uploads/2020/10/08115911/2.2_Economia-de

- la-salud-seguridad-en-el-trabajo_UNAL-Martha-Riano_compressed.pdf
- Rosete-Espinosa et al. (2025). Academic project management: Lean Thinking applied in a higher education department in the city of Puebla, an approach for efficiency and quality. *Revista DYNA*, 92(236), 103-110. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/10223726.pdf>
- Ryńca, R., & Ziaieian, Y. (2025). Applying linear programming in evaluating employees in higher education: A case study. *PLoS One*, 20(1), e0310183. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0310183>
- Rzepecki, J. (2012). Cost and Benefits of Implementing an Occupational Safety and Health Management System (OSH MS) in Enterprises in Poland. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics : JOSE*, 18, 181-193. <https://doi.org/10.1080/10803548.2012.11076927>
- Salazar, L. B. (2019). Medición de tiempos. <https://ingenieriaindustrialonline.com/>
- Salvendy, G. (2006). *Handbook of Human Factors and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1002/0470048204>
- Sánchez, F., & Olivares, C. (2020). Señalética. El reto del ecodiseño1 = Signs. The challenge of eco-design. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, 1. <https://doi.org/10.20868/ardin.2020.9.4119>
- Sanders, E. B.-N., & Stappers, P. J. (2008). Co-creation and the new landscapes of design. *CoDesign*, 4(1), 5-18. <https://doi.org/10.1080/15710880701875068>
- Sankaranarayanan, R., Leung, J., Abramenska-Lachheb, V., Seo, G., & Lachheb, A. (2023). Microlearning in Diverse Contexts: A Bibliometric Analysis. *TechTrends*, 67(2), 260-276. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00794-x>
- Santos, M., & Soares, M. (2014). Ergonomic Design Thinking -Approaching Ergonomics Through a New Way For Performing Innovation in the Workplace.

- En F. Rebelo & M. Soares (Eds.), *Advances in Ergonomics In Design, Usability & Special Populations* (pp. 560-571, Vol. 2). <http://doi.org/10.13140/2.1.3899.3285>
- Shen, T., Raymer, J., & Hendy, C. (2024). Forecasting school enrollments in the Australian Capital Territory. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, qnae094. <https://doi.org/10.1093/jrssa/qnae094>
- Sheppard, A. L., & Wolffsohn, J. S. (2018). Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmology*, 3(1), e000146. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2018-000146>
- Simonyte, S., Adomaitiene, R., & Ruzele, D. (2021). Experience of lean application in higher education institutions. *International Journal of Lean Six Sigma*, 13(2), 408-427. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-11-2020-0208>
- Sremcevic, N., Lazarevic, M., Krainovic, B., Mandic, J., & Medojevic, M. (2018). Improving teaching and learning process by applying Lean thinking. *Procedia Manufacturing*, 17, 595-602. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.101>
- Storoszczuk Durán, M. (2024). Para la Creación de un Sistema Educativo Modular.
- Suárez Vega, R. (2020). *Dirección Actuarial, de Investigación y Estadística IESS* (inf. téc.). Dirección Actuarial, de Investigación y Estadística del IESS. https://www.iess.gob.ec/documents/10162/8421754/10_BOLETIN_ESTADISTICO_25_2020
- Szeto, G. P. Y., Wong, T. K. T., Law, R. K. Y., Lee, E. W. C., Lau, T., So, B. C. L., & Law, S. W. (2013). The impact of a multifaceted ergonomic intervention program on promoting occupational health in community nurses. *Applied Ergonomics*, 44(3), 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2012.10.004>
- Tahernejad, S., Hejazi, A., Rezaei, E., Makki, F., Sahebi, A., & Zangiabadi,

- Z. (2024). Musculoskeletal disorders among teachers: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, 1399552. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1399552>
- Tanchoco, E. H., & Tompkins, J. A. (2020). *Facilities Planning* (5th). John Wiley & Sons. <https://bibliotecadigital.espol.edu.ec/library/publication/facilities-planning>
- Taylor, F. W. (2005). Principles of Scientific Management: Selecting the Ideal Worker. *Labor*, 2(4), 39-42. <https://doi.org/10.1215/15476715-2-4-39>
- Tew, G. A., Posso, M. C., Arundel, C. E., & Mc-Daid, C. M. (2015). Systematic review: height-adjustable workstations to reduce sedentary behaviour in office-based workers. *Occupational Medicine*, 65(5), 357-366. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqv044>
- Theorell, R. K. y. T. (1990). Karasek, R., & Theorell, T. (1990). Healthy Work Stress, Productivity, and the Reconstruction of Working Life. New York Basic Books. - References - Scientific Research Publishing. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1955102>
- Tilfarlioglu, F. (2017). A new method in education: Lean. *Turkish Studies*, 6, 811-816. <https://doi.org/10.7827/TurkishStudies.11489>
- Tompa, E., Dolinschi, R., Oliveira, C. D., Amick, B. C., & Irvin, E. (2019). A systematic review of workplace ergonomic interventions with economic analyses. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 20(2), 220-234. <https://doi.org/10.1007/S10926-009-9210-3>
- Turnbull, D., Chugh, R., & Luck, J. (2022). An Overview of the Common Elements of Learning Management System Policies in Higher Education Institutions. *TechTrends*, 66(5), 855-867. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00752-7>
- Turturro, C. I., & Pruvost, C. (2021). El futuro de los es-

- pacios de aprendizaje. Revisión y definición de condicionantes espaciales para dar una respuesta desde los edificios a la demanda del nuevo paradigma educativo. *Actas de Diseño 36. Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo, 36*, 149-152. <https://doi.org/10.18682/add.vi36.4933>
- Ujir, H., Salleh, S., Marzuki, A., Hashim, H. F., & Alias, A. (2020). Teaching workload in 21st century higher education learning setting. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 9*, 221-227. <https://doi.org/10.11591/IJER.E.V9I1.20419>
- UNE-EN 1005-5:2007 *Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano. Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia* [Norma española equivalente a la EN 1005-5:2007]. (2007). Asociación Española de Normalización (AENOR).
- UNIR Ecuador, U. (2024). Curso de Lean Management Online. <https://ecuador.unir.net/estudios-universitarios/curso-lean-management/>
- Universidad de Las Américas (UDLA). (2021). 70 salas híbridas, aulas multimedia y apoyo al aprendizaje: Dirección de Tecnologías de la Información robustece los recursos digitales para las clases. <https://actualidad.udla.cl/2021/03/70-salas-hibridas-aulas-multimedia-y-apoyo-al-aprendizaje-direccion-de-tecnologias-de-la-informacion-robustece-los-recursos-digitales-para-las-clases-2021/>
- Universidad Técnica del Norte. (2023). Reglamento Interno de Seguridad y Salud Ocupacional [Documento interno UTN-CG-2023-045].
- Valero, E., Sivanathan, A., & Boschetti, G. (2017). Ergonomics and productivity: A field study in office environments. *Applied Ergonomics, 62*, 85-97. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.02.011>
- Valle Peláez, M. A., & Epifanía Huerta, A. D. (2020). Aplicación de PMBOK® a

- la gestión de la docencia en la universidad. *REVISTA INNOVA ITFIP*, 7(1), 110-124. <https://revistainnovaitfip.com/index.php/innovajournal/article/view/112>
- Vavilin, Y. (2020). Lean education. *Quality. Innovation. Education*. <https://doi.org/10.31145/1999-513x-2020-4-23-28>
- Vera Díaz, F. V., Galarza Villalba, M. F., & Galarza Bravo, F. A. (2017). La ergonomía y su aplicación en las aulas universitarias. *Polo Del Conocimiento*, 2(7), 44. <https://doi.org/10.23857/pc.v2i7.223>
- Villacres, G. E. F., Naranjo, M. F. A. V., Ocaña, M. L. A. L., & Naranjo, M. F. P. B. (2021). Determinación de la fatiga ocular debido a teletrabajo en los docentes de la universidad UNIANDES de Ecuador. *Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V8I3.2673>
- Villavicencio Canelos, E. O., Arias Montaña, E. I., Idrovo Contento, J. C., & Villavicencio Canelos, J. D. (2024). Estudio de Pertinencia de un Sistema de Gestión de Calidad para Mejorar el Proceso de Evaluación y Acreditación del Área de Posgrados de la Universidad Nacional de Loja. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 3364-3372. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12577
- Virtanen, M., Lallukka, T., Elovainio, M., Steptoe, A., & Kivimäki, M. (2025). Effectiveness of workplace interventions for health promotion. *The Lancet Public Health*, 10(6), e512-e530. [https://doi.org/10.1016/S2468-2667\(25\)00095-7](https://doi.org/10.1016/S2468-2667(25)00095-7)
- Vorecol. (2024, agosto). Impacto de la ergonomía en la productividad y bienestar de los trabajadores. <https://blogs-es.vorecol.com/articulo-impacto-de-la-ergonomia-en-la-productividad-y-bienestar-de-los-trabajadores-1929>
- Wagenaar, R., & González, J. (2005). *Tuning Education*

*nal Structures in Europe
II.*

- Wang, X., & Li, B. (2019). Technostress among teachers in higher education: An investigation from multidimensional person-environment misfit. *Frontiers in Psychology, 10*, 470614. <https://doi.org/10.3389/FPSYG.2019.01791>
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993a). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics, 36*(7), 749-776. <https://doi.org/10.1080/00140139308967940>
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993b). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics, 36*(7), 749-776. <https://doi.org/10.1080/00140139308967940>
- Weegar, R., & Idestam-Almquist, P. (2024). Reducing Workload in Short Answer Grading Using Machine Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 34*(2), 247-273. <https://doi.org/10.1007/s40593-022-00322-1>
- Wickens, C. D., Hollands, J. G., Banbury, S., & Parasuraman, R. (2015). *Engineering Psychology and Human Performance* (4th). Psychology Press. <https://doi.org/10.4324/9781315665177>
- Wilson, J. R., & Sharples, S. (2015). *EVALUATION OF HUMAN WORK, FOURTH EDITION*. <https://doi.org/10.1201/B18362> / EVALUATION - HUMAN - WORK - SARAH - SHARPLES - JOHN - WILSON / RIGHTS - AND-PERMISSIONS
- Woo, E. H. C., White, P., & Lai, C. W. K. (2016). Ergonomics standards and guidelines for computer workstation design and the impact on users' health – a review. *Ergonomics, 59*(3), 464-475. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1076528>
- World Wide Web Consortium. (2025). Web Content Accessibility Guidelines

- (WCAG) 2.1. <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>
- Yépez, C. J. A. (2024). *Factores de riesgo ergonómico y afectación de la salud en docentes de una Universidad Pública Ibarra 2023* [Tesis de maestría, Universidad Técnica del Norte]. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15906>
- Yurek, K. (2025). The Business Case for Good Ergonomics - Safety Partners, LLC (T. Consulting, Ed.). <https://safetypartnersinc.com/the-business-case-for-good-ergonomics/>
- Zanden, A. (2015). TRANSFORMING EDUCATION SPACES TO SUSTAIN PEDAGOGICAL CHANGE, 7095-7105. <https://consensus.app/papers/transforming-education-spaces-to-sustain-pedagogical-zanden/932fc45f6ccc5c8dab%20%5Cnewline%208e1%20fb8dda9f80f/>
- Zhang, A. (2014). Quality improvement through Poka-Yoke: From engineering design to information system design. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 8, 147. <https://doi.org/10.1504/IJSSCA.2014.064260>

Un enfoque integral para el bienestar laboral del docente universitario

El libro propone técnicas desde la perspectiva de la ingeniería industrial y la ergonomía aplicada para la toma de decisiones en el diseño del trabajo y adecuación de espacios académicos, ofreciendo sugerencias prácticas viables y fundamentadas que buscan la solución de problemas ergonómicos y la mitigación de riesgos laborales.

Una contribución esencial para proponer el bienestar docente, la prevención de riesgos ocupacionales y la mejora de la productividad académica.

