

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA



**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA EN MECATRÓNICA**

TEMA:

“MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO”

Autor: Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

Director: Ing. Zamir Mera

Ibarra-Ecuador

2015



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100320796-4		
APELLIDOS Y NOMBRES:	HURTADO BURBANO TATIANA LIZBETH		
DIRECCIÓN:	PIMAMPIRO CALLE BOLÍVAR Y GARCÍA MORENO		
EMAIL:	tatianahurtado89@gmail.com		
TELÉFONO FIJO:	062937802	TELÉFONO MÓVIL	0991717819
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO		
AUTOR:	HURTADO BURBANO TATIANA LIZBETH		
FECHA:	05-05-2015		
PROGRAMA:	PREGRADO		
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERA EN MECATRÓNICA		
ASESOR / DIRECTOR	ING. ZAMIR MERA		

Firma

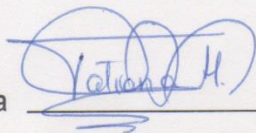
Nombre: Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

Cédula: 100320796-4

2. AUTORIZACIÓN USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano con cédula de identidad Nro. 100320796-4, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Firma



Nombre: Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

Cédula: 100320796-4



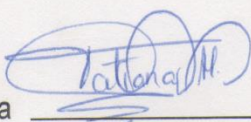
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano, con Cédula de identidad Nro. 100320796-4, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de propiedad intelectual del Ecuador, artículos 4, 5,6, en calidad de autor del trabajo de grado denominado: MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO, que ha sido desarrollada para optar por el título de: Ingeniera en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Además, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional.

Firma 

Nombre: Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

Cédula: 100320796-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR

Certifico que bajo mi dirección la Tesis previa a la obtención del título de Ingeniera en Mecatrónica con el tema “**MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO**”, fue desarrollada y terminada en su totalidad por la Srta. Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano, con cédula de identidad: 100320796-4, siendo un trabajo inédito.

En la ciudad de Ibarra, Mayo 05 del 2015

Atentamente,

Ing. Zamir Mera
DIRECTOR DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

CONSTANCIA

Yo, Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte, según lo establecido por las leyes de Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normatividad vigente de la Universidad Técnica del Norte

Firma

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Tatiana H.", is written over a horizontal line.

Nombre: Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

Cédula: 100320796-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

AGRADECIMIENTO

A mis padres, Jorge Ramiro Hurtado Chacón y Rosa Marlene Burbano Navarrete por su apoyo incondicional durante toda mi vida, además por ayudarme a crecer tanto personal como profesionalmente con su ejemplo y sabiduría.

A mi hermano Cristhian David Hurtado Burbano por ser mi consejero y más que mi hermano mi amigo.

Al ingeniero Zamir Mera, en calidad de director del proyecto, por su apoyo y guía para la culminación del mismo.

A todos aquellos que creyeron en el proyecto y aportaron en el desarrollo del mismo con su buena voluntad, y conocimientos, en especial al Sr. Byron López y a mi padre, quienes me ayudaron para que el proyecto finalice satisfactoriamente.

A mi familia y amigos que son fundamentales en mi vida y me apoyaron de una u otra forma en la culminación de mi carrera.

Muchas Gracias.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a Dios quien siempre me da las fuerzas y la sabiduría que necesito para seguir adelante.

A mis padres y hermano quienes son un pilar fundamental en mi vida, por su constante sacrificio, amor, comprensión y apoyo incondicional.

A dos personas muy especiales que aunque ya no están conmigo, han sido mi mayor inspiración, Miguel Hurtado y Sofía Hurtado quienes me enseñaron con su ejemplo, a no darme por vencida a pesar de las adversidades que se me presenten.

Tatiana Lizbeth Hurtado Burbano

ÍNDICE

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	ii
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iv
CERTIFICACIÓN DEL ASESOR.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
ÍNDICE DE DIAGRAMAS.....	xx
ANEXOS	xx
RESUMEN	xxi
ABSTRACT	xxii
CAPÍTULO 1	1
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1. EL AGUACATE	1
1.1.1. PRODUCCIÓN.....	1
1.1.2. COMERCIALIZACIÓN DEL AGUACATE	2
1.1.3. COSECHA DEL AGUACATE	2
1.2. CLASIFICACIÓN DEL AGUACATE	3
1.2.1. CLASIFICACIÓN MANUAL DE AGUACATES.....	3
1.2.2. MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES	5

1.2.3. MÁQUINAS DE CLASIFICACIÓN POR VISION ARTIFICIAL.....	6
1.3. TIPOS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES POR EL PESO	6
1.3.1. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES CON BANDEJAS MÓVILES	7
1.3.2. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE DOS CANALES.....	10
CAPÍTULO 2	13
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES.....	13
2.1. GENERALIDADES.....	13
2.2. PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	14
2.3. CALIFICACIÓN Y EQUIVALENCIA	14
2.4. ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	15
2.4.1. ALTERNATIVAS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES POR EL PESO	15
2.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	19
2.4.3. CONCLUSIÓN DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	20
2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA ALTERNATIVA 2.....	21
CAPÍTULO 3	22
DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO	22
3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	22
3.1.1. FUNCIONES	22
3.1.2. REQUISITOS DEL DISEÑO.....	23
3.1.3. DISEÑO DE LA RAMPA.....	23
3.1.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN	24
3.2. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO	33
3.2.1. FUNCIONES	33

3.2.2. REQUISITOS DEL DISEÑO	33
3.2.3. CINTA TRANSPORTADORA.....	33
3.2.4. ANÁLISIS DEL EJE DE LOS RODILLOS.....	39
3.2.5. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN	42
3.2.6. MOTOR ELÉCTRICO.....	61
3.2.7. MOTORREDUCTOR.....	63
3.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	63
3.3.1. SOLDADURA	65
3.4. SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN.....	67
3.4.1. SISTEMA DE CONTROL	67
3.4.2. CELDAS DE CARGA	71
3.4.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	73
3.4.4. MÓDULO DE EXPANSIÓN LOGO! DM8 12/24R	74
3.4.5. FUENTE DE PODER LOGO! POWER 24 VDC	75
3.4.6. FUENTE DE PODER CPU.....	76
3.4.7. SENSOR INDUCTIVO.....	77
3.4.8. CONTADORES	78
3.4.9. PROCESO DEL PESADO DE LOS AGUACATES	79
CAPÍTULO 4	80
MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	80
4.1. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN	80
4.1.1. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO	82
4.1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN.....	83
4.1.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS.....	83
4.1.4. ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA.....	93
4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	94

4.2.1. PRUEBAS REALIZADAS CON LAS CLASES DE AGUACATES	94
4.2.2. PRUEBA DE AGUACATES CLASIFICADOS EN UNA HORA.....	95
4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS	96
CAPITULO 5	98
ANÁLISIS DE COSTOS	98
5.1. COSTOS DIRECTOS.....	98
5.2. COSTOS INDIRECTOS	101
5.3. COSTO TOTAL	102
5.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	102
5.4.1. ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRABAJO SIN MÁQUINA	103
5.4.2. ANÁLISIS DE COSTOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	103
5.4.3. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	103
5.4.4. ANÁLISIS	104
CAPÍTULO 6	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
6.1. CONCLUSIONES.....	106
6.2. RECOMENDACIONES	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	111

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

FIGURA 1.- CLASIFICACIÓN MANUAL DE LOS AGUACATES	4
FIGURA 2.- ESQUEMA DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE UN CANAL	8
FIGURA 3.- TRANSPORTADOR DE RODILLOS	9
FIGURA 4.- BANDEJAS TRANSPORTADORAS	10
FIGURA 5.- ESQUEMA DE UNA MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE DOS CANALES	11
FIGURA 6.- TRANSPORTADOR MIXTO	12

CAPÍTULO 2

FIGURA 7.- MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES CON BANDEJAS MÓVILES	17
FIGURA 8.- MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE DOS CANALES	18

CAPÍTULO 3

FIGURA 9.- DIMENSIONES DE LA RAMPA	24
FIGURA 10.- EJE EXCÉNTRICO PARA VIBRACIÓN	24
FIGURA 11.- COMPONENTES DE UN EJE EXCÉNTRICO	25
FIGURA 12.- ESQUEMA DE LA CARGA ESTÁTICA DEL EJE EXCÉNTRICO	29
FIGURA 13.- DISTRIBUCIÓN DE LA FUERZA DE INERCIA	29
FIGURA 14.- FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLEXIONANTE DEL EJE EXCÉNTRICO	30
FIGURA 15.- PROPIEDADES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL EJE	31
FIGURA 16.-ÁNGULO DE DEFORMACIÓN Y DEFLEXIÓN	32
FIGURA 17.-EJE DE LOS RODILLOS	39

FIGURA 18.- TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO CON BANDAS	45
FIGURA 19.- DIMENSIONES DE UNA CADENA DE RODILLOS	53
FIGURA 20.- CADENAS EN EL SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO	53
FIGURA 21.- SUJETADOR Y TEMPLADOR DE LA CADENA	54
FIGURA 22.- CADENAS EN EL SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN	54
FIGURA 23.- TENSIÓN DE VON MISES	64
FIGURA 24.- DESPLAZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA	64
FIGURA 25.- COEFICIENTE DE SEGURIDAD	65
FIGURA 26.- FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL	70
FIGURA 27.- CELDA DE CARGA TSP-5KG	71
FIGURA 28.- FUENTE DE PODER ± 5 V Y ± 12 V	77
FIGURA 29.- SENSOR INDUCTIVO	77
FIGURA 30.- CONTADOR INDUSTRIAL	78

CAPÍTULO 4

FIGURA 31.- CONSTRUCCIÓN SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	86
FIGURA 32.- CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO	88
FIGURA 33.- CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN	91
FIGURA 34.- CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL	93
FIGURA 35.- MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO	94

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 2

TABLA 1.- CALIFICACIÓN Y EQUIVALENCIAS	14
TABLA 2.- DESCRIPCIÓN DE PARÁMETROS DE COMPARACIÓN.....	15
TABLA 3.- COMPARACIÓN DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES POR EL PESO	19

CAPÍTULO 3

TABLA 4.- CARACTERÍSTICAS DE LA CHUMACERA	26
TABLA 5.-GROSOR DE LA BANDA	35
TABLA 6.- SEPARACIÓN ENTRE RODILLOS.....	35
TABLA 7.- COEFICIENTE DE FRICCIÓN	36
TABLA 8.- CAPACIDAD DE CARGA	36
TABLA 9.- DENOMINACIÓN DE LOS SUBSISTEMAS	43
TABLA 10.- DATOS DE POLEAS, PIÑONES Y CATARINAS	43
TABLA 11.- FACTOR DE CORRECCIÓN DEL ÁNGULO DE CONTACTO.....	47
TABLA 12.- DIMENSIONES DE LA CADENA	58
TABLA 13.- DESCRIPCIÓN DEL PIÑÓN DE LOS RODILLOS.....	58
TABLA 14.- DESCRIPCIÓN PIÑÓN DEL TEMPLADOR	59
TABLA 15.- DESCRIPCIÓN DEL PIÑÓN DE TRANSMISIÓN AL SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN	59
TABLA 16.- DESCRIPCIÓN DE LA CATARINA	60
TABLA 17.- DESCRIPCIÓN DE LA CHUMACERA DE PARED.....	61
TABLA 18.- DESCRIPCIÓN DE LA CHUMACERA DE PISO.....	61

TABLA 19.- FACTOR DE SERVICIO C1	62
TABLA 20.-CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELÉCTRICO	63
TABLA 21.-CARACTERÍSTICAS DEL ELECTRODO	66
TABLA 22.-RANGO DE PESO DE LAS CLASES DE AGUACATES	67
TABLA 23.- CONEXIONES DE LA CELDA DE CARGA	72
TABLA 24.- CARACTERÍSTICAS PLC LOGO! 12/24V DC	74
TABLA 25.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MÓDULO DE EXPANSIÓN DM8.....	75
TABLA 26.- CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE PODER LOGO! POWER 24 VDC	76
TABLA 27.- CARACTERÍSTICAS FUENTE DE PODER	77

CAPÍTULO 4

TABLA 28.- DESIGNACIÓN DE LOS TIPOS DE INSTRUMENTOS HERRAMIENTAS Y MÁQUINAS	81
TABLA 29.- OPERACIONES TÉCNICAS	82
TABLA 30.- SIMBOLOGÍA ESTÁNDAR PARA DIAGRAMAS DE FLUJO	83
TABLA 31.- RESULTADOS DE LOS PESOS ESTABLECIDOS EN EL PLC	95
TABLA 32.- RESULTADOS DE LA CANTIDAD DE AGUACATES CLASIFICADA EN OCHO HORAS	96
TABLA 33.- PARÁMETROS DE COMPARACIÓN PARA ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	97

CAPÍTULO 5

TABLA 34.- COSTOS DIRECTOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	98
TABLA 35.- COSTOS DIRECTOS SISTEMA DE PESAJE DE LOS AGUACATES.....	99
TABLA 36.- COSTOS DIRECTOS DEL SISTEMA DE CONTROL	100

TABLA 37.- TOTAL DE COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN.....	100
TABLA 38.- VALORES ECONÓMICOS POR RECURSOS EMPLEADOS EN EL TIEMPO.....	101
TABLA 39.- COSTOS INDIRECTOS DE MATERIALES VARIOS	101
TABLA 40.- TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	102
TABLA 41.- COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA.....	102
TABLA 42.- COSTOS DEL TRABAJO SIN MÁQUINA	103
TABLA 43.- COSTO CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA	103
TABLA 44.- TIEMPO DE RECUPERACIÓN	104
TABLA 45.- ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	104

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 3

ECUACIÓN (3. 1): FUERZA DE INERCIA	27
ECUACIÓN (3. 2): MASA DE LA EXCÉNTRICA	27
ECUACIÓN (3. 3): TRANSMISIÓN POR CORREA	28
ECUACIÓN (3. 4): CARGA ESTÁTICA	30
ECUACIÓN (3. 5): CAPACIDAD REAL DE TRANSPORTE	34
ECUACIÓN (3. 6): VELOCIDAD DE LA BANDA	34
ECUACIÓN (3. 7): ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA BANDA	36
ECUACIÓN (3. 8): CANTIDAD DE MATERIAL POR METRO LINEAL	37
ECUACIÓN (3. 9): CAPACIDAD DE TRANSPORTE	37
ECUACIÓN (3. 10): ESFUERZO TANGENCIAL (TAMBOR MOTRIZ)	37
ECUACIÓN (3. 11) PESO DE LAS PARTES GIRATORIAS INFERIORES	38
ECUACIÓN (3. 12): POTENCIA MOTRIZ	38
ECUACIÓN (3. 13): ESFUERZO DEL EJE	39
ECUACIÓN (3. 14): PAR DE TORSIÓN	40
ECUACIÓN (3. 15): ESFUERZO CORTANTE TORSIONAL MÁXIMO	40
ECUACIÓN (3. 16): MOMENTO POLAR DE INERCIA	41
ECUACIÓN (3. 17): RELACIÓN DE TRANSMISIÓN POR BANDAS.....	42
ECUACIÓN (3. 18): RELACIÓN DE TRANSMISIÓN POR CADENAS.....	42
ECUACIÓN (3. 19).- DISTANCIA ENTRE CENTROS	46

ECUACIÓN (3. 20): LONGITUD DE LA BANDA.....	46
ECUACIÓN (3. 21): POTENCIA ADMISIBLE.....	47
ECUACIÓN (3. 22): NÚMERO DE BANDAS.....	48
ECUACIÓN (3. 23): POTENCIA DE DISEÑO.....	48
ECUACIÓN (3. 24): FACTOR DE SEGURIDAD.....	49
ECUACIÓN (3. 25): VELOCIDAD DE LA BANDA.....	50
ECUACIÓN (3. 26): TENSIÓN CENTRÍFUGA DE LA BANDA	50
ECUACIÓN (3. 27): TENSIÓN EN EL LADO TIRANTE DE LA POLEA IMPULSORA	50
ECUACIÓN (3. 28): DIFERENCIA DE TENSIONES	50
ECUACIÓN (3. 29): ÁNGULO DE CONTACTO DE LA POLEA MENOR	51
ECUACIÓN (3. 30): TENSIÓN MENOR.....	51
ECUACIÓN (3. 31): TORQUE DE LA BANDA	52
ECUACIÓN (3. 32): TENSIÓN TOTAL DE LA BANDA.....	52
ECUACIÓN (3. 33): VELOCIDAD DE LA CADENA.....	54
ECUACIÓN (3. 34): POTENCIA REQUERIDA.....	55
ECUACIÓN (3. 35): TENSIÓN DE LA CADENA.....	56
ECUACIÓN (3. 36): TENSIÓN TOTAL DE LA CADENA.....	56
ECUACIÓN (3. 37): FACTOR DE SEGURIDAD DE LA CADENA	57
ECUACIÓN (3. 38): TORQUE DE LA CADENA	57
ECUACIÓN (3. 39): TORQUE DEL MOTOR	62

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

CAPÍTULO 3

DIAGRAMA 1: DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE	41
DIAGRAMA 2.- FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLEXIONANTE	41
DIAGRAMA 3.- CONTROL DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES	68
DIAGRAMA 4.- PROCESO DEL PESADO DE LOS AGUACATES	79

CAPÍTULO 4

DIAGRAMA 5.-CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN	85
DIAGRAMA 6: CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO.....	87
DIAGRAMA 7: CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN	90
DIAGRAMA 8: CONSTRUCCIÓN DE LA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO	92
DIAGRAMA 9: CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	93

ANEXOS

ANEXO A: MANUAL DE USUARIO

ANEXO B : MANUAL DE MANTENIMIENTO

ANEXO C: PROPIEDADES DE LAS ÁREAS

ANEXO D : INFORME DE ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

Anexo E: ESTRUCTURA DEL PLC LOGO 12/24 RC Y EL MÓDULO DE EXPANSIÓN
DM8 12/24 R

ANEXO F: NORMA AWG

ANEXO G: CONEXIONES ELÉCTRICAS

ANEXO H : PLANOS DE LA MÁQUINA

RESUMEN

El presente proyecto, está diseñado para construir un sistema semiautomático de clasificación de aguacates, basándose en rangos de peso establecidos de acuerdo a las distintas clases de aguacates que se comercializan en el mercado. La máquina consta esencialmente de tres subsistemas, mismos que son el de alimentación, transporte y ordenamiento y el de clasificación, el trabajo conjunto de estos, permite realizar la clasificación de los aguacates en cuatro diferentes clases, primera, segunda, tercera y cuarta y a su vez contar la cantidad de unidades existentes en cada una. El proceso inicia con la colocación manual de los aguacates en la máquina, este trabajo lo realiza una persona que ubica los frutos desde los sacos en el subsistema de alimentación, mismo que por medio de una rampa vibratoria hace que se ubiquen ordenadamente en los dos canales de bandas transportadoras del siguiente subsistema, en el que se puede realizar un pre clasificado manual del producto que no esté en un buen estado para comercializarse, luego pasa uno a uno al siguiente subsistema, en el cual se encuentran ubicadas canastillas plásticas que empujan al aguacate a través de toda la mesa, donde las compuertas se abren automáticamente, dependiendo a la clase a la que corresponda cada aguacate, por medio de actuadores, al inicio de este subsistema están ubicadas dos celdas de carga que son las encargadas de enviar las señales digitales al controlador lógico programable, el mismo que por medio de su programación se encarga de controlar todo el sistema de la máquina; además se visualiza la cantidad de unidades existentes de cada clase por medio de contadores digitales. Con la incorporación de este sistema semiautomático al proceso de clasificación, se logra reducir el esfuerzo físico, así como también un ahorro de tiempo y costos que demandan la selección manual del producto.

ABSTRACT

This project is designed to build an avocados semi-automatic classification system, based on weight ranges established according to the different kinds of avocados sold in the market. The machine consists essentially of three subsystems, which themselves are the power, transport sorting and grading, the joint work of these, enables the classification of avocados in four different classes, first, second, third and fourth and later to count the number of existing units in each one. The process begins with the manual placement of avocados into the machine, this work is done by a person who places the fruit from the bags in the power subsystem, same as through a vibrating chute makes are located neatly in the two channels belting the next subsystem, which can perform a pre manually rated of the product that is not in a good condition for the market, then passed to each the next subsystem, which are located plastic baskets pushing the avocado throughout the table, where the doors open automatically, depending on the class to which corresponds each avocado, via actuators, at the beginning of this subsystem are located two load cells that are responsible for sending digital signals to the programmable logic controller, at the same time this programming is responsible for controlling the entire system of the machine; over more the number of existing units of each class through digital counters are displayed. With the addition of this semi-automatic classification process it is able to reduce physical effort as well as saving time and costs that require manual product selection.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1. EL AGUACATE

“El aguacate es una planta perteneciente a la familia de las Lauráceas, originario de Guatemala, parte de Centro América y México. De alto valor nutritivo y utilizado principalmente en consumo de la fruta en fresco o pulpa procesada” (Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca)¹.

1.1.1. PRODUCCIÓN

La superficie sembrada de aguacate en el Ecuador, de acuerdo al último Censo Nacional Agropecuario, es de 2290 hectáreas como cultivo solo, y como cultivo asociado de 5507 hectáreas.

Las principales zonas de producción se encuentran a lo largo de los valles del Callejón Interandino, principalmente en los valles de Guayllabamba (Pichincha), Chota y Atuntaqui (Imbabura).

Entre las variedades de aguacate más utilizadas en el Ecuador se encuentran el Nacional, Guatemalteca, Hass, Booth, Fuerte, Tonnage y Choquete. El cultivo de aguacate en el Ecuador se realiza en alturas comprendidas entre los 400 y 2500 msnm, y a temperaturas que van entre los 15 y 30°C. (Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca)²

^{1,2} Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca. (s.f.). *Ecuador ama la vida*. Recuperado el 03 de 03 de 2015, de Censos y Encuestas: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/24-iii-censo-nacional-agropecuario>

1.1.2. COMERCIALIZACIÓN DEL AGUACATE

En los últimos 5 años el Ecuador exportó 34 352 toneladas de la fruta, con un ingreso de USD 2,3 millones, según cifras del Banco Central del Ecuador (BCE), de ese total el 93% salió a Colombia, 6% a España y la diferencia en proporciones mínimas EE.UU., Antillas Holandesas, Canadá, Holanda, Hong Kong y Corea del Sur.

El Ecuador puede producir aguacate todo el año, con picos de producción y cosecha plenamente definidos de febrero a marzo y de agosto a septiembre. Otros países, por la variedad de clima, normalmente producen una vez al año, en un período de 4 a 5 meses. (Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica, 2012)³

1.1.3. COSECHA DEL AGUACATE

Normalmente, la primera cosecha comercial ocurre a los cinco años en árboles injertados y la cantidad de frutos producidos depende de la variedad y la atención que haya recibido la planta en su desarrollo. A los cinco años, generalmente se cosechan cincuenta frutos; a los seis años, ciento cincuenta frutos; a los siete años, trescientos frutos y ochocientos a los ocho años. (Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca)⁴

La recolección de los aguacates se la realiza manualmente, utilizando escaleras u horcones, el almacenamiento del aguacate es complicado ya que el fruto tiende a descomponerse muy rápido después de ser recolectado, incluso la refrigeración no es muy recomendada, ya que esta alarga un poco la descomposición pero no la detiene por completo, por tal motivo los comerciantes deben distribuirlos a los puntos de comercialización lo más pronto posible.

³ Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. (25 de Enero de 2012). *Productores de aguacate buscan incrementar exportaciones*. Obtenido de <http://andes.info.ec/2009-2011.php?p=135024>

⁴ Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca. (s.f.). *Ecuador ama la vida*. Recuperado el 03 de 03 de 2015, de Censos y Encuestas: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/24-iii-censo-nacional-agropecuario>

El método práctico empleado por los fruticultores para realizar la cosecha del aguacate se relaciona con los aspectos visuales y físicos que presenta la fruta durante su desarrollo y tiene que ver con cambios en el color de la piel del aguacate. Cuando el fruto no ha alcanzado su madurez, la piel tiene un color verde brillante, pero a medida en que está llegando a la misma, se va tornando opaca manteniendo la dureza y firmeza de la pulpa.

1.2. CLASIFICACIÓN DEL AGUACATE

La clasificación de los aguacates es un aspecto fundamental para que los mismos puedan ser comercializados. La selección de los aguacates se la realiza dependiendo del tamaño, consistencia y apariencia, para ello existen dos formas de hacerlo que son:

- Clasificación manual
- Máquinas clasificadoras de aguacates

1.2.1. CLASIFICACIÓN MANUAL DE AGUACATES

Los comerciantes compran el aguacate a los fruticultores, posteriormente realizan la clasificación de los mismos, para ello el producto es colocado en el suelo y categorizado manualmente por tres o cuatro personas, que visualizan el tamaño del producto, para luego depositarlos en sacos que son sujetados por una persona que a su vez realiza el conteo de los mismos.

Para clasificar los aguacates se los categoriza de las siguientes formas:

- Flor.
- Primera
- Segunda
- Tercera
- Cuarta

Siendo el aguacate de categoría flor el más grande, seguido por el de primera, segunda, tercera y cuarta; los más comercializados son los de primera, segunda y tercera clase. En este tipo de clasificación existen factores que hacen que no sea eficiente la clasificación manual como lo son:

- El tiempo
- Complicaciones en la salud
- Pago incorrecto del producto
- Clasificación errónea

1.2.1.1. EL TIEMPO

En muchas ocasiones dependiendo de la cantidad existente de aguacates, el tiempo mínimo para realizar la clasificación de los aguacates es de ocho hasta diez horas diarias, además para efectuar este trabajo se ocupan de tres a cuatro personas, entre ellas en la mayoría de los casos también se encuentra el comerciante, lo que implica que en lugar de que el mismo busque más productos para comercializar se dedique a clasificarlos, provocando así una pérdida tanto de tiempo como de dinero.

1.2.1.2. COMPLICACIONES EN LA SALUD

La posición en la que se realiza la clasificación de los aguacates acarrea muchos problemas de salud, debido a que en este trabajo las personas que lo realizan permanecen inclinadas o en cuclillas, a excepción del encargado de sujetar el saquillo y realizar el conteo como se puede observar en la figura 1.



Figura 1.- Clasificación manual de los aguacates

Mantenerse en el movimiento constante y repetitivo de estar inclinados para seleccionar los aguacates y luego levantarse para colocarlos dentro del saquillo, durante ocho a diez horas diarias hace que las personas al final de la rutina terminen con cansancio físico así como también con dolor de la columna, piernas y rodillas.

Con el tiempo la clasificación manual de los aguacates puede transformarse en un problema serio de la salud, ya que provoca dolores intensos en las articulaciones de la columna y rodillas.

1.2.1.3. PAGO INCORRECTO DEL PRODUCTO

Los productores del aguacate, llegan hasta donde están los comerciantes con sus productos, separados de acuerdo al tamaño y colocados en saquillos para venderlos, pero la selección que realizan los fruticultores en muchos casos no es la correcta por tal motivo hay que volverlos a clasificar, pero al ser la clasificación manual un trabajo que toma tiempo, se la realiza muchas horas después de realizar la compra, que se la hace basándose en el tamaño del saquillo y en el tamaño de los aguacates que se encuentran en la boca de este, lo que resulta en la mayoría de casos que se pague más de lo que corresponde, debido a que en realidad dentro del saquillo se encuentran aguacates de un tamaño diferente al que se pagó. Esto ocasiona pérdidas de dinero para el comerciante.

1.2.1.4. CLASIFICACIÓN ERRÓNEA

La diferencia que existe entre una clase de aguacates y otra es mínima, por tal motivo al realizar repetitivamente una clasificación manual y visualizando el tamaño de los mismos, se puede ocasionar una mala selección del producto, lo que produce pérdidas para el comerciante ya que el precio de comercialización del aguacate varía dependiendo del tamaño de los mismos, siendo el más grande el que mejor se paga.

1.2.2. MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES

La maquinaria existente en el mercado son automáticas basadas en sistemas de control, y son de dos tipos:

- Máquinas de clasificación por el peso
- Máquinas de clasificación por visión artificial

Realizar la clasificación por medio de la implementación de maquinarias reduce notablemente los problemas que existen en la clasificación manual con respecto a la salud, pérdida de tiempo, dinero, etc. debido a que este tipo de sistemas seleccionan el producto sin que exista mayor esfuerzo por parte de los trabajadores e incluso es efectivo en cuanto a exactitud en el clasificado.

1.2.2.1. MÁQUINAS DE CLASIFICACIÓN POR EL PESO

En los sistemas existentes los aguacates son colocados manual o automáticamente en la cinta de transporte, a medida que son transportados se ubican en depósitos circulares con un conjunto de bandejas móviles; estos son sistemas que automatizan la clasificación según el peso basados en sensores, que trabajan de manera digital y de acuerdo a una tabla de salidas lógicas, se define el depósito en el que debe caer el fruto, clasificándolos y dejándolos listos para ser empacados.

1.2.3. MÁQUINAS DE CLASIFICACIÓN POR VISION ARTIFICIAL

En este tipo de maquinaria, los aguacates son transportados por medio de una cinta transportadora, desde la cual caen de forma continua al área de clasificado, en la misma que se encuentra una cámara de visión artificial, que analiza el tamaño, posición y textura del aguacate para luego transmitir esta información a un sistema de control, que instantáneamente decide si cada aguacate es pequeño, mediano o grande, además, toma la decisión para clasificarlo dependiendo del estado en el que se encuentre y por ende los coloca en los depósitos destinados para el producto bueno o malo.

1.3. TIPOS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES POR EL PESO

En su mayoría las máquinas existentes en el mercado para clasificar aguacates por el peso, se asemejan en los sistemas utilizados para llevar a cabo su correcto funcionamiento, variando en muchas ocasiones algunos mecanismos

y la cantidad de selección diaria. Por tal motivo se las ha clasificado en dos grupos que son:

- Máquina clasificadora de aguacates con bandejas móviles
- Máquina clasificadora de aguacates de dos canales

Los dos tipos de máquinas se componen de tres subsistemas que son:

- 1. Subsistema de Alimentación:** Este subsistema deberá permitir al usuario vaciar los aguacates manualmente, desde los saquillos en un intervalo de tiempo y de una forma desordenada y rápida, para luego pasarlos al siguiente subsistema de transporte y ordenamiento.
- 2. Subsistema de Transporte y Ordenamiento:** El subsistema de transporte y ordenamiento del aguacate, debe ser óptimo y distribuir ordenadamente los aguacates uno a uno al siguiente subsistema de clasificación.
- 3. Subsistema de Clasificación:** El subsistema de Clasificación debe permitir seleccionar a los aguacates en los tres rangos principales, primera, segunda y tercera de una forma rápida y eficiente, además de transportar el aguacate a las salidas respectivas de acuerdo al peso que corresponda.

1.3.1. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES CON BANDEJAS MÓVILES

En este tipo de máquinas la colocación de aguacates se la realiza manualmente, dentro de una tolva vibratoria, para luego pasar al sistema de transporte, que es de rodillos, en estas máquinas se utiliza un mecanismo que se asemeja al tornillo sin fin denominado calibrador, la finalidad del mismo es de pasar los aguacates de forma individual y en una sola fila hasta el sistema de pesado.

El pesado de los aguacates se lo realiza con sensores que detectan la posición de las bandejas móviles, que son las encargadas de transportar el aguacate, estas se basan en mecanismos de contrapesos que hacen que la bandeja baje

hasta un cierto nivel dependiendo del peso de los aguacates y por medio de actuadores las bandejas se inclinan para que el producto caiga en la salida correspondiente, según la clase de aguacates que corresponda y de esta forma el producto sea clasificado.

Un diagrama de este tipo de máquinas es el que se muestra en la figura 2.

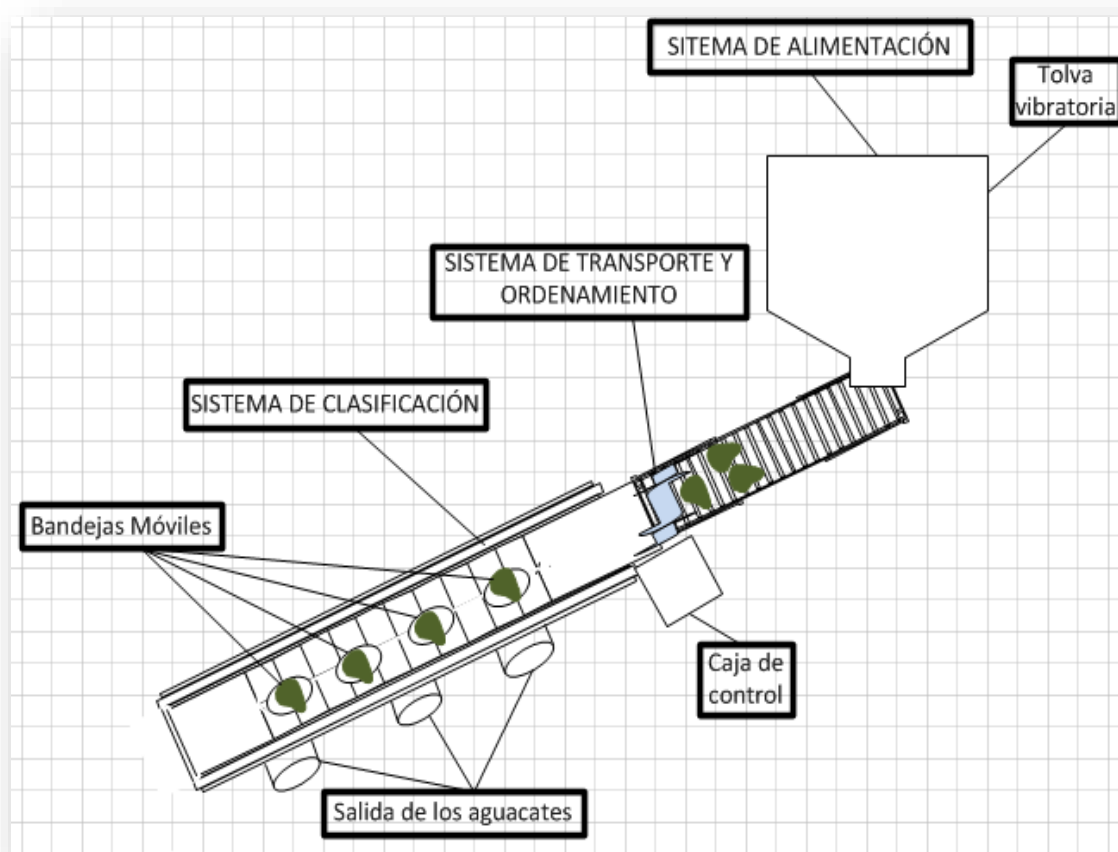


Figura 2.- Esquema de una máquina clasificadora de aguacates de un canal

1.3.1.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

En este tipo de máquinas la alimentación de los aguacates se la realiza por medio de una tolva vibratoria, que es un sistema utilizado en muchas máquinas, para permitir una distribución uniforme de los productos, que a su vez determinan el tamaño de la tolva dependiendo de la cantidad de los mismos, en su mayoría son utilizadas en la industria molinera, o para la distribución de materiales volátiles o sólidos pequeños, como son el arroz o azúcar, ya que con los grandes se puede producir atascamientos.

1.3.1.2. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO

El mecanismo utilizado para el transporte de los aguacates es el de un transportador de rodillos, además se emplea un sistema que se asemeja al tornillo sin fin denominado calibrador, que es el encargado de hacer que los aguacates pasen de forma individual y en una sola fila hasta el subsistema de clasificación.

El transportador de rodillos es un dispositivo que (...) utiliza rodillos metálicos para facilitar el manejo y traslado de una gran diversidad de objetos, (...) siempre y cuando cumplan la condición de contar con un fondo regular. (Wikipedia, 2014)⁵

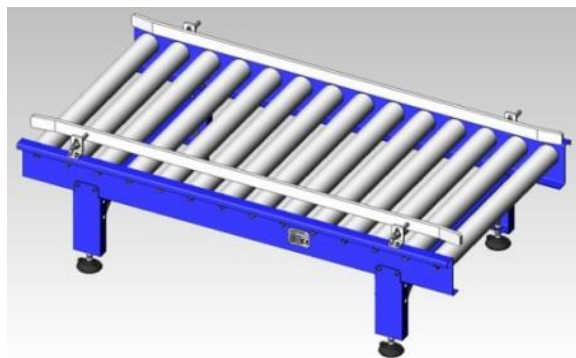


Figura 3.- transportador de rodillos

Fuente: <http://www.logismarket.es/tecnia-conveyor/transportador-de-rodillos-por-gravedad/2249956792-1124660-p.html>

1.3.1.3. SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN

Para efectuar la clasificación se utilizan las bandejas transportadoras que están ubicadas en una sola fila y se mueven a través de toda la mesa de clasificación, una vez que los aguacates son colocados en estas, su posición varía con respecto a un contrapeso que permite que la bandeja baje hasta un cierto nivel, lo que determina a que clase corresponde cada aguacate, dependiendo su peso y por medio de actuadores y controladores las bandejas se inclinan para que el producto caiga donde corresponda.

⁵ Wikipedia. (05 de 04 de 2014). Recuperado el 25 de 04 de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Transportador_de_rodillos



Figura 4.- Bandejas transportadoras

Fuente: YouTube: <http://www.youtube.com/watch?v=raWg7XrOYv0>

1.3.2. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE DOS CANALES

En este tipo de máquinas la colocación de aguacates se la realiza manualmente en una rampa vibratoria, para luego pasar al sistema de transporte que es el encargado de pasar el aguacate al siguiente subsistema de una forma ordenada e individual.

Este tipo de máquinas también permiten la visualización de la cantidad de aguacates existen de cada clase.

Para que los aguacates se desplacen a través del sistema de clasificación se dispone de canastillas plásticas, una especie de manos en forma de un arco, que se encuentran rotando sobre la mesa de clasificación, estos empujan al aguacate para que el mismo vaya hasta el final, y clasifica en cuatro clases a los aguacates, además por ser de doble canal, la clasificación es rápida.

Un diagrama de este tipo de máquinas es el que se muestra en la figura 5.

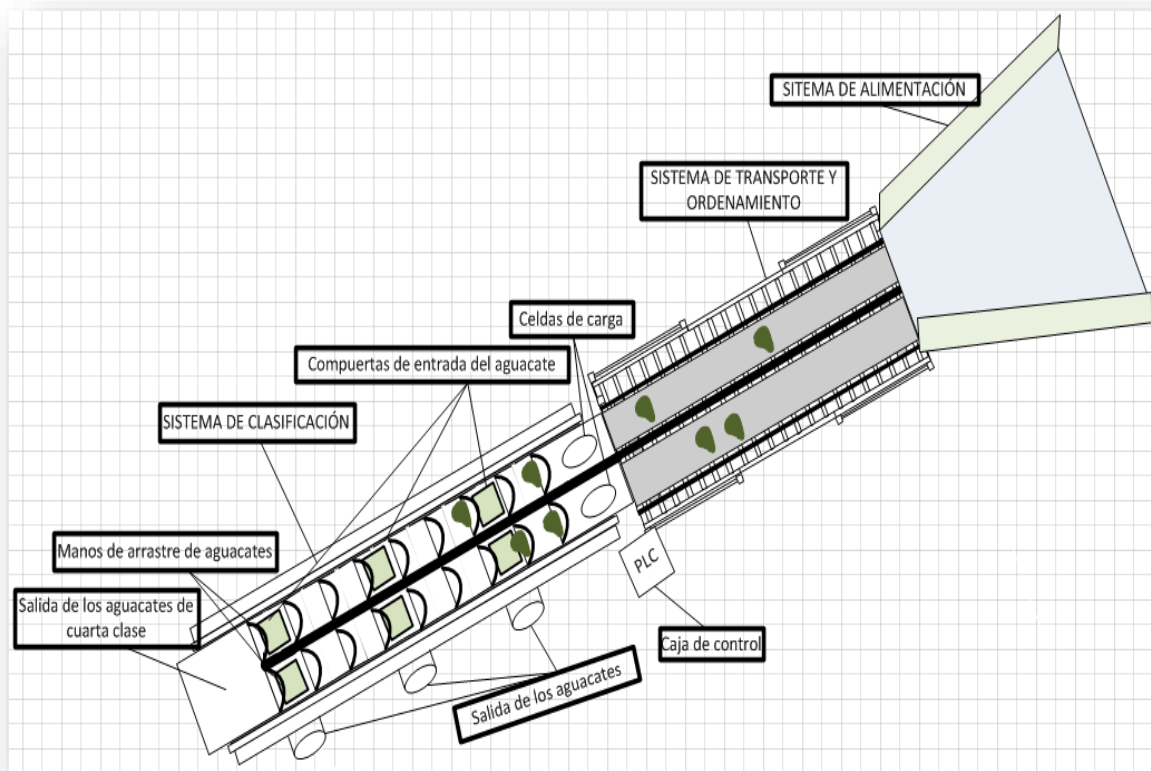


Figura 5.- Esquema de una máquina clasificadora de aguacates de dos canales

1.3.2.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

En estas máquinas para realizar la alimentación de los aguacates se utiliza una rampa vibratoria que es un mecanismo utilizado con la finalidad de permitir una distribución uniforme de los productos, y a su vez evitar atascamientos en el proceso, el tamaño varía dependiendo de la cantidad de producto que se vaya a depositar. En su mayoría son utilizadas para dejar caer materiales sólidos sean estos pequeños o grandes, no son adecuadas para materiales volátiles ya que estos se perderían por la forma que tienen.

1.3.2.2. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO

Para transportar los aguacates al subsistema de clasificación se emplea el mecanismo denominado transportador mixto que consiste en un sistema basado en rodillos a los cuales se les incorpora cintas transportadoras, esto con la finalidad de permitir que los rodillos den un mayor soporte a la cinta transportadora y a su vez trasladar los aguacates rápidamente, ya que de solo usar los rodillos el aguacate avanza a una velocidad lenta por la textura que tiene la piel del aguacate.

Para optimizar el proceso en la mitad se coloca una división como la que se muestra en la figura 6, esto permite que los aguacates pasen a través de dos canales y sean transportados de una forma individual y ordenada al subsistema de clasificación, en cada canal se encuentra una banda delgada. Este subsistema es más conocido como singulador y al ser de doble canal la clasificación es mucho más rápida que en otros sistemas; al ser un mecanismo sencillo facilita al usuario para que se realice un pre clasificado manual del producto que no se encuentre en el estado óptimo para ser comercializado.



Figura 6.- Transportador Mixto

Fuente: <http://www.dexve.es/cintas-transportadoras-de-rodillos-de-banda-palets>

1.3.2.3. SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN

En este tipo de máquinas para efectuar la clasificación se utiliza un mecanismo que dispone de una especie de manos en forma de un arco, que se encuentran recorriendo toda la mesa de clasificación, una vez realizado el pesado de los aguacates que es por medio de sensores de peso o galgas extensiométricas las mismas que envían la señal a un controlador o PLC que es el encargado de supervisar y controlar todo el proceso.

Los aguacates son empujados a través de toda la mesa, hasta llegar a las compuertas correspondientes a su peso, estas se abren con los actuadores y se cierran instantáneamente para evitar que los aguacates de otra clase ingresen en la salida equivocada, este sistema también permite visualizar la cantidad de aguacates que existen de cada clase, con la finalidad de que el usuario no tenga que volverlos a contar al momento que son colocados en los saquillos para su posterior comercialización.

CAPÍTULO 2

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES

2.1. GENERALIDADES

La máquina clasificadora debe permitir al usuario colocar manualmente los aguacates desde los saquillos hasta el subsistema de alimentación de una forma desordenada y rápida, este subsistema también debe trasladar los aguacates al siguiente subsistema en un intervalo de tiempo y sin que se produzcan atascamientos del producto.

Una vez que el aguacate se encuentre en el subsistema de transporte y ordenamiento este debe ser transportado y ordenado en filas para pasarlo individualmente a una velocidad moderada al siguiente subsistema; además debe permitir al usuario realizar un pre clasificado manual del producto que se encuentre en mal estado para ser comercializado.

El subsistema de Clasificación debe ser controlado, óptimo y a su vez la detección de la diferencia de pesos debe ser sensible y rápida, debido a que la variación del aguacate entre una clase y otra es mínima y la cantidad diaria de aguacates a ser clasificados es de 15000, además este subsistema debe permitir seleccionarlos en los tres rangos principales que son los de primera, segunda y tercera clase, pero si se puede incrementar otra selección del producto más pequeños que son los de cuarta clase se lograría un proceso más eficiente y beneficioso para el usuario.

Un factor importante que debe tener la máquina es que debe permitir la visualización de cuantos aguacates existen de cada clase, con la finalidad de que el usuario no tenga que volverlos a contar al momento que sean colocados en los saquillos para su posterior comercialización.

2.2. PARÁMETROS DE COMPARACIÓN

La Tabla 1 describe los parámetros de comparación, con su respectiva descripción para las alternativas de máquinas clasificadoras de aguacates por el peso.

Es importante aclarar que no se tomaran en cuenta todos los parámetros comparativos dentro de la selección de cada alternativa, sino solo los que se relacionen con el criterio de selección.

2.3. CALIFICACIÓN Y EQUIVALENCIA

Para el análisis de los parámetros de comparación en el diseño y construcción de la máquina clasificadora de aguacates por el peso, se establecen las siguientes equivalencias.

Tabla 1.- Calificación y Equivalencias

Calificación	Equivalencias
5	Excelente
4	Muy Buena
3	Buena
2	Regular
1	Mala

Tabla 2.- Descripción de parámetros de comparación

N°	PARÁMETROS DE COMPARACIÓN	DESCRIPCIÓN
1	Óptima clasificación de los aguacates	Confianza y garantía de que el proceso de clasificación de los aguacates es eficiente.
2	Costo de Fabricación	Valor económico que es necesario para la construcción y puesta en marcha de la máquina.
3	Costo de Mantenimiento	Inversión que se realiza en la conservación de la máquina.
4	Costo de Operación	Valor económico que demanda el funcionamiento del equipo.
5	Facilidad de Automatización	Complejidad para instalar sistemas de control del proceso por medio de sensores y actuadores.
6	Facilidad de Construcción	Métodos que intervienen en la manufactura de cada uno de los mecanismos de la máquina.
7	Facilidad de Mantenimiento y Montaje	Complejidad que presente el proceso de ensamblaje y el proceso de tareas de conservación de la máquina.
8	Facilidad de Operación	Nivel de complejidad que presenta una máquina al usuario para su uso.
10	Ruido	Número de decibeles que produce el funcionamiento de la máquina.
11	Tamaño	Mayor o menor volumen. Dimensiones de la máquina.
12	Seguridad	Confianza y garantía de estar libre de peligro, daño o riesgo para el usuario durante la operación de la máquina.
13	Total	Valor correspondiente a la sumatoria de puntos de cada uno de los parámetros de comparación.

2.4. ALTERNATIVAS PROPUESTAS

2.4.1. ALTERNATIVAS DE MÁQUINAS CLASIFICADORAS DE AGUACATES POR EL PESO

En la actualidad es indispensable la clasificación de los aguacates antes de comercializarlos, al ser este un trabajo tedioso y sacrificado por la cantidad de aguacates que se clasifican por día poco a poco se está implementando la utilización de máquinas automáticas que son destinadas exclusivamente para seleccionar este producto y así hacer más fácil esta tarea.

En el mercado existen máquinas que realizan la clasificación por medio de visualización artificial, pero estas son usadas en su mayoría en las industrias, donde la cantidad mínima de clasificación diaria es de 50000 aguacates, también es indispensable la calidad del aguacate, además se emplean donde la calidad del aguacate es regulada por normas de calidad, por tal motivo no es óptima la implementación de este tipo de mecanismos ya que los comerciantes clasifican de 15000 a 20000 aguacates diarios y la calidad del producto no está establecida bajo ninguna norma de calidad, la comercialización depende del tipo de comprador. Por dichas razones las máquinas a considerarse serán las que realizan la clasificación por el peso.

2.4.1.1. ALTERNATIVA 1. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES CON BANDEJAS MÓVILES

Este tipo de máquinas dispone de una tolva vibratoria en el subsistema de alimentación, para el subsistema de transporte y ordenamiento se utilizan rodillos, en los que se incorpora un mecanismo que se asemeja al tornillo sin fin denominado calibrador, estos permiten transportar aguacates de forma individual y en una sola fila hasta el subsistema de clasificación que está compuesto de bandejas móviles con contrapesos, que hacen que varíe el nivel al que se encuentran inicialmente, la variación de las bandejas es detectada por medio de contrapesos que con la ayuda de un sistema electrónico activan los actuadores que inclinan las bandejas para que el producto caiga en la salidas adecuadas según la clase de aguacates a la que corresponda. En la figura 7 se muestra un diagrama de una máquina clasificadora de aguacates con bandejas móviles.

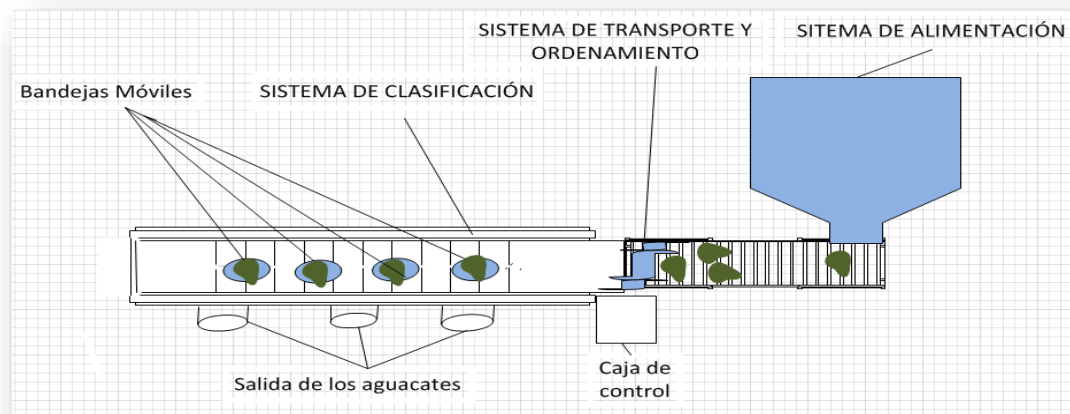


Figura 7.- Máquina clasificadora de aguacates con bandejas móviles

Ventajas:

- El costo de fabricación es menor ya que dispone de un solo canal de clasificación
- Ocupa menor espacio por qué tiene un solo canal para la clasificación, por lo tanto es más pequeña.
- No es ruidosa
- Facilidad de operación para el usuario.

Desventajas:

- Tiempo de que tarda en seleccionar los aguacates es mayor debido a que solo dispone de un canal de clasificación.
- Debido al subsistema de Transporte que es el tornillo sin fin ocurren en algunos casos atascamiento de los aguacates y daños en los mismos.
- Ya que el sistema de clasificación que posee es el de bandejas móviles con contrapesos la selección de los aguacates no es tan óptima por que los contrapesos tienden a descalibrarse.

2.4.1.2. ALTERNATIVA 2. MÁQUINA CLASIFICADORA DE AGUACATES DE DOS CANALES

Estas máquinas disponen de una rampa vibratoria como sistema de alimentación, con la finalidad de permitir una distribución uniforme del producto,

y a su vez evitar atascamientos en el proceso, su sistema de transporte y ordenamiento es mixto ya que tiene rodillos y dos canales de bandas transportadoras, con la finalidad de dar mayor soporte a las cintas de transporte y de permitir separar los aguacates de una forma individual y ordenada en dos canales distintos para su posterior clasificación, además por ser un sistema inofensivo para el usuario le permite al mismo realizar una pre selección de los aguacates que estén en mal estado para la comercialización.

La clasificación de los aguacates se la realiza controlando la señal que envían las galgas extensiométricas o sensores de peso para abrir las compuertas, dependiendo de la clase de aguacates a la que corresponda en el momento indicado. Para desplazar los aguacates por el subsistema de clasificación se dispone de una especie de manos en forma de un arco que se denominan canastillas, que se encuentran rotando sobre la mesa de clasificación, estas empujan al aguacate a través de toda la mesa de clasificación. En la figura 8 se muestra un diagrama de este tipo de máquinas.

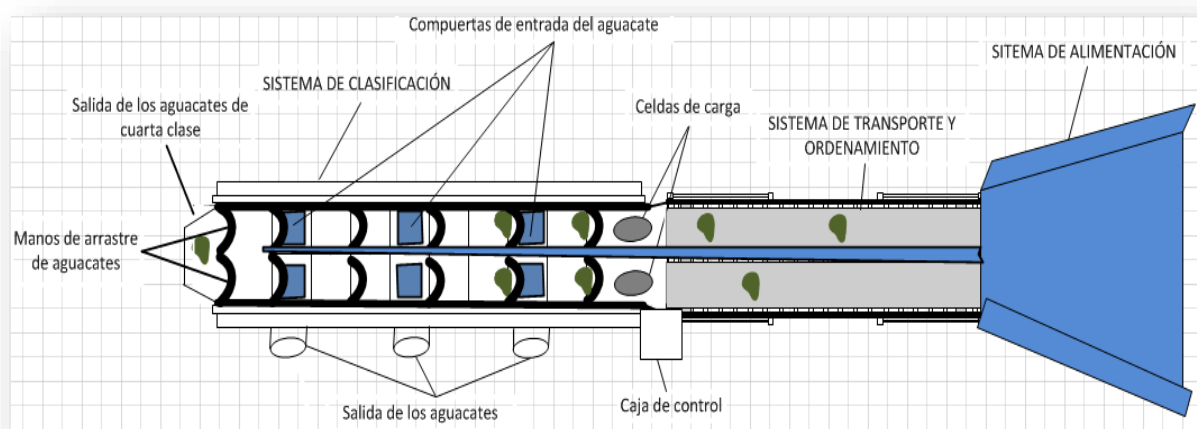


Figura 8.- Máquina clasificadora de aguacates de dos canales

Ventajas:

- Es más rápida por que la clasificación es en dos canales distintos
- Por el mecanismo utilizado en el subsistema de alimentación no se producen atascamientos del aguacate.

- El subsistema de clasificación es óptimo debido a que se incorpora un sistema controlado por medio de la señal que envían las galgas extensiométricas.
- En el sistema de transporte y ordenamiento se puede realizar un pre clasificado del producto que no se encuentre en buen estado.
- No es ruidosa.
- Facilidad de operación.
- Permite visualizar que cantidad de aguacates existen de cada tipo.

Desventajas:

- Es más larga por el sistema de clasificación.
- Costo de fabricación mayor.

2.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

En la Tabla 3, se comparan las alternativas propuestas evaluando las características de cada una y de esta forma determinar cuál es la mejor.

Tabla 3.- comparación de máquinas clasificadoras de aguacates por el peso

N°	PARÁMETROS	ALTERNATIVA N°1	ALTERNATIVA N°2
1	Óptima clasificación de los aguacates	3	5
2	Costo de Fabricación	4	3
3	Costo de Mantenimiento	4	5
4	Costo de Operación	3	5
5	Facilidad de Automatización	3	5
6	Facilidad de Construcción	5	4
7	Facilidad de Mantenimiento y Montaje	4	5
8	Facilidad de Operación	4	5
10	Ruido	5	5
11	Tamaño	5	3
12	Seguridad	4	5
13	Total	44	50

2.4.3. CONCLUSIÓN DE COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Para seleccionar la mejor alternativa se realizó un análisis más profundo en los que respecta a los subsistemas que se utilizan para realizar el transporte y clasificación de los aguacates utilizados en las dos tipos de máquinas, con lo que se logró determinar lo siguiente:

- **Tornillo sin fin:** Este tipo de sistemas para transporte se usa cuando la cantidad a clasificarse de aguacates es muy baja debido a que se producen atascamientos y para que una mayor cantidad del producto sea desplazado, habría que colocar los aguacates lentamente para que no se atasquen ni se produzca ningún tipo de daño en los mismos.
- **Contrapesos:** La clasificación de los aguacates por medio de contrapesos es complicada, ya que la diferencia existente en el peso entre una clase y otra, es de máximo 10 gramos y el proceso de manufactura de contrapesos de esas magnitudes es de mucha dificultad, además este sistema presenta inconvenientes, debido a que los contrapesos tienen que ser calibrados cada cierto tiempo de funcionamiento, lo que resulta muy tedioso para el usuario.

Por medio de estas determinaciones y de los resultados obtenidos en la evaluación de las alternativas, se determinó que la alternativa 2 es la más eficiente y recomendada para realizar la clasificación de los aguacates por su peso.

La Alternativa 2 dispone de dos canales de clasificación lo que la hace más rápida y eficiente, además permite al usuario realice un pre clasificado de los aguacates que estén en mal estado y no puedan ser comercializados, ya que este sistema a diferencias de el otro no dispone del mecanismo basado en el tornillo sin fin para el ordenamiento de los aguacates por tal motivo se puede realizar la pre selección sin tener riesgos de accidentes ni daños del producto.

Además posee un sistema de contadores que permite visualizar la cantidad de aguacates que existen de cada clase, esto es de una gran ayuda para el comerciante ya que los frutos se comercializan por cientos, lo que evitaría que

nuevamente el comerciante tenga que volverlos a contar al colocarlos en los saquillos.

2.5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA ALTERNATIVA 2

La colocación de los aguacates se la realiza manualmente en la máquina clasificadora de aguacates que se compone de tres subsistemas principales que son:

- Subsistema de Alimentación

Este subsistema está compuesto por una rampa vibratoria que permite al usuario colocar los aguacates desde los saquillos en un intervalo de tiempo y de una forma desordenada, y luego pasarlos al siguiente subsistema.

- Subsistema de Transporte y Ordenamiento

Está conformado por un transportador mixto que consta de rodillos y dos cintas de transporte que hacen dos canales en los que los aguacates van en fila para ser distribuidos al siguiente subsistema de una forma ordenada e individual, además en este subsistema se puede realizar un pre clasificado del fruto que no se encuentren en un óptimo estado para ser comercializados.

- Subsistema de Clasificación

La clasificación de los aguacates se la realiza controlando la señal que envían los sensores de peso para abrir las compuertas, dependiendo de la clase de aguacates a la que corresponda en el momento indicado. Para luego desplazarlos a través de la mesa de clasificación por medio de canastillas que son una especie de manos plásticas en forma de arco, que se encuentran rotando sobre la mesa de clasificación, estas llevan a los aguacates a través de toda la mesa de clasificación.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA MÁQUINA PARA CLASIFICAR AGUACATES POR SU PESO

En este capítulo se presenta el diseño y selección de los componentes mecánicos que son necesarios para la construcción de la máquina. Los mismos que cumplen con los requerimientos para diseñar e implementar el sistema de modo que este tenga un buen funcionamiento, para ello se realizan los diseños de cada subsistema como se muestra a continuación, estos subsistemas son:

- Subsistema de alimentación
- Subsistema de transporte y ordenamiento
- Subsistema de clasificación

3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Como se describe en la alternativa seleccionada en el segundo capítulo de este documento, el subsistema se compone por una rampa vibratoria que debe cumplir con las siguientes funciones y requisitos que se describen a continuación, luego se procede con el diseño y especificación de la rampa y el eje para realizar la vibración de la misma.

3.1.1. FUNCIONES

- Permitir que el usuario coloque los aguacates de una forma desordenada sin que estos se amontonen para ser transportados al siguiente subsistema de una forma ordenada.
- Admitir la colocación de una cierta cantidad de aguacates sin ser maltratados
- El movimiento debe ser sincronizado con el siguiente subsistema de la máquina.

3.1.2. REQUISITOS DEL DISEÑO

- La bandeja de alimentación debe permitir la colocación de 60 aguacates cada cierto tiempo.
- Para que los aguacates no se amontonen se debe implementar un sistema de vibración horizontal que permita que los aguacates se coloquen de una forma ordenada y sin ser maltratados.
- La rampa vibratoria o criba debe tener una inclinación de 10 grados para así permitir que los aguacates se deslicen con mayor facilidad, además debe ser más angosta en la salida de los aguacates.

3.1.3. DISEÑO DE LA RAMPA

La rampa es la bandeja donde se colocarán los aguacates, esta debe permitir la colocación de 100 aguacates en la parte inicial, ya que por lo general se compran por cientos, luego por medio de la vibración los mismos se colocan en una sola columna sin amontonarse, y así pasan al siguiente subsistema de forma que se vayan distribuyendo en las dos filas que tiene el subsistema de transporte y ordenamiento, por tal motivo la parte final de la rampa debe ser más angosta, las dimensiones de la rampa se establecen de acuerdo al tamaño que tienen los aguacates más grandes que es de 150 y 80 milímetros de largo, en la figura 9 se describen las medidas seleccionadas para la construcción de la rampa, el material de la misma será de Tool Galvanizado ya que se tiene una mayor durabilidad y resistencia a la corrosión, los detalles del material se describen en el capítulo posterior.

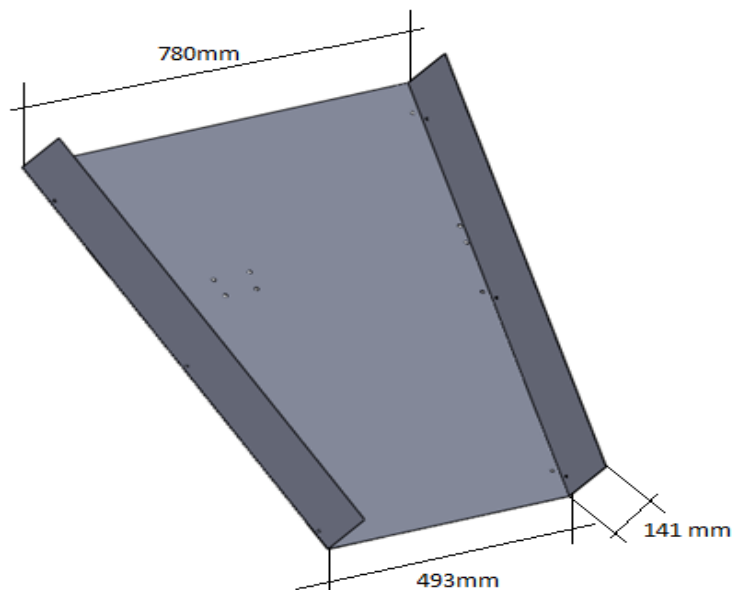


Figura 9.- Dimensiones de la Rampa

3.1.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE VIBRACIÓN

Debido a que la vibración de la rampa debe ser de forma horizontal se selecciona la vibración por medio de un eje excéntrico como se muestra en la figura 10, este es el encargado de provocar las vibraciones necesarias en la rampa para acomodar los aguacates y evitar que se amontonen y así pasarlos al siguiente subsistema, facilitando de esta forma la colocación en filas de los mismos.

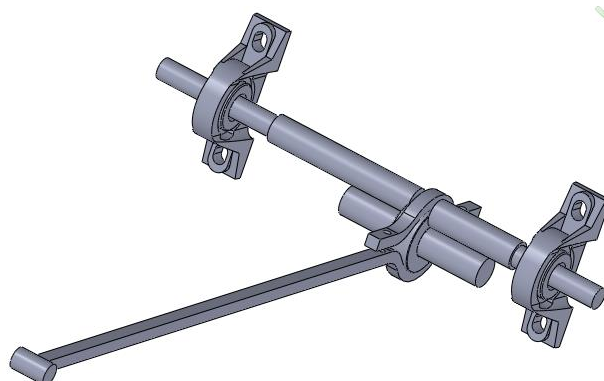


Figura 10.- Eje excéntrico para vibración

Para diseñar el eje se analizan las principales cargas que actúan sobre las Chumaceras (Rodamientos), que son las fuerzas de inercia (P_i) que surgen debido al giro de la masa excéntrica (m) con respecto del eje de rotación, a una

cierta excentricidad (e), con una velocidad angular determinada (w). El movimiento llega al eje desde el motor mediante correas trapezoidales. En la figura 11 se puede apreciar un esquema de las fuerzas que se ocasionan con la presencia de la excéntrica en una determinada posición, En ella aparecen el peso (Q) y la fuerza de inercia (P_i), también está representada la aceleración normal (A_n) dirigida hacia el centro del eje.

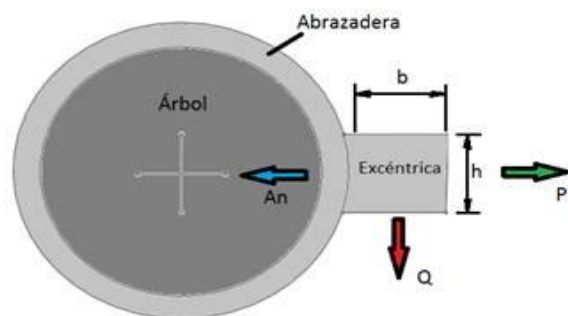


Figura 11.- Componentes de un eje excéntrico

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos93/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica.shtml>

A continuación se desarrollan los cálculos de comprobación de las deformaciones que surgen en los apoyos (rodamientos), así como un chequeo, según catálogo, si el rodamiento empleado es recomendado para soportar vibraciones.

Los rodamientos que posee la máquina son del tipo UC204 con soporte P204 de la marca NKB.

Según el catálogo “es un soporte con rodamiento orientable, formado por un rodamiento de bolas de una hilera, con una junta de retén estancada a ambos lados. El anillo externo del rodamiento de bolas está rectificadado en forma esférica al igual que el alojamiento del soporte para conseguir así un óptimo montaje que permite el auto alineamiento.” (Dinámica Distribuciones).⁶

⁶ Dinámica Distribuciones. (s.f.). *DINAMICADistribuciones, sa*. Recuperado el 07 de 03 de 2015, de <http://www.dinamica.net/repositori/documents/productes/es/soportes.pdf>

En la tabla 4 se indican las características de la chumacera seleccionada que tiene la designación de UCP 204.

Tabla 4.- Características de la chumacera

UCP 200 / MUCP 200															
CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES															
SERIE STANDARD UCP													Soporte de fundición - Rodamiento de Acero		
Referencia	Ø eje (mm)	H (mm)	L (mm)	J (mm)	A (mm)	N (mm)	N1 (mm)	H1 (mm)	H2 (mm)	G (mm)	S (mm)	Tornillo	Rodamiento	Soporte	peso (Kg)
UCP 201	12	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 201	P203	0.65
UCP 202	15	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 202	P203	0.63
UCP 203	17	30.2	127	95	38	13	19	15	62	31	12.7	M10	UC 203	P203	0.62
UCP 204	20	33.3	127	95	38	13	19	15	65	31	12.7	M10	UC 204	P204	0.65
UCP 205	25	36.5	140	105	38	13	16	16	70	34	14.3	M10	UC 205	P205	0.79

Fuente: <http://www.dinamica.net/repositori/documents/productes/es/soportes.pdf>

Los fabricantes de los rodamientos tienen conocimiento de que serán utilizados en máquinas vibrantes, por lo tanto estos son diseñados para que trabajen en las condiciones más severas como: altas aceleraciones (evitar al máximo), altas velocidades (no se alcanzarán), grandes rangos de temperatura (para trabajar a la intemperie), riesgos de contaminación (no considerados) y desalineación (a evitar), entre otras.

Algunas características de la chumacera, se obtienen por el catálogo (Dinámica Distribuciones), estas son:

- Auto alineamiento.
- Construcción interna del rodamiento esférico usado en un soporte orientable.
- Retén.
- Fijación del rodamiento al eje.
- Solidez del soporte.
- Pivote de bloqueo en el anillo externo del rodamiento.

- Intercambiabilidad del rodamiento respecto al soporte.

Una vez seleccionada la chumacera se procede con el análisis del eje excéntrico, por lo tanto si se considera un movimiento estable en la máquina, es decir, que el eje gira a una velocidad constante, la fuerza de inercia (P_i) puede ser calculada como:

$$P_i = m \cdot e \cdot w^2 \quad (3. 1)$$

Ecuación (3. 1): Fuerza de Inercia

Dónde:

m = Masa de la excéntrica

e = excentricidad

w = velocidad angular

A continuación se determinarán la masa de la excéntrica y la velocidad angular a la que gira el eje. La masa de la excéntrica se puede calcular con la fórmula

$$m = V \cdot \rho = (b \cdot h \cdot l) \rho \quad (3. 2)$$

Ecuación (3. 2): Masa de la excéntrica

Dónde:

V = Volumen de la excéntrica

ρ = Densidad del material

b = Ancho de la excéntrica

h = Altura de la excéntrica

l = Longitud de la excéntrica

Los datos que se tienen son:

$$\rho = \text{acero} = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$b = 58 \text{ mm}$$

$$h = 25 \text{ mm}$$

$$l = 404.1 \text{ mm}$$

Reemplazando los datos en la ecuación 3.2 se obtiene:

$$m = 4.59 \text{ kg}$$

Para la velocidad angular se considera la velocidad de transmisión por correa

$$w_m \cdot D_1 = w \cdot D_2 \quad (3.3)$$

Ecuación (3. 3): Transmisión por correa

Dónde:

w_m = Velocidad angular del motor

D_1 = Diámetro de la polea del motor

w = Velocidad angular del eje que tiene la excéntrica

D_2 = Diámetro de la polea del eje que tiene la excéntrica

El motor que se seleccionara debe ser en bajas revoluciones debido a que se necesita reducir dicha velocidad, además las poleas a seleccionarse serán la de diámetro mayor en el eje del motor y la de menor diámetro en el eje de la excéntrica ya que se necesita que la rampa se mueva a un velocidad mayor que la de los subsistemas siguientes. Los datos que se tienen son:

$$w_m = 1720 \text{ rpm} = 180.1 \text{ rad/s}$$

$$D_1 = 119 \text{ mm}$$

$$D_2 = 23.28 \text{ mm}$$

Reemplazando y despejando se obtiene:

$$w = 920.61 \text{ rad/s}$$

De la tabla 4 se obtiene que la excentricidad $e=31\text{mm}$ y reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 1 se tiene:

$$P_i = 119280.35 \text{ N} = 12171.46 \text{ Kgf}$$

“En el eje se producen dos tipos de deformaciones, la deformación lineal también conocida Como flecha (y) y la deformación angular (θ_0), de ambas, la deformación que más puede afectar el correcto funcionamiento de los rodamientos es la deformación angular (θ_0),” (Arrieta Noriega, Chagoyén Méndez, & Mendoza Díaz).⁷

3.1.4.1. CARGAS EN EL EJE EXCÉNTRICO

Para analizar el eje, se lo realiza como si fuera una viga, en la figura 12 se puede visualizar un boceto de la carga, en el que la fuerza de inercia es una fuerza distribuida a lo largo de toda la longitud de la barra excéntrica, como se muestra en la figura 13.

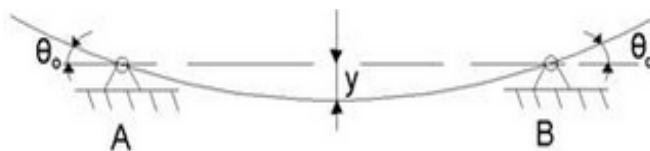


Figura 12.- Esquema de la carga estática del eje excéntrico

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos93/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica.shtml>

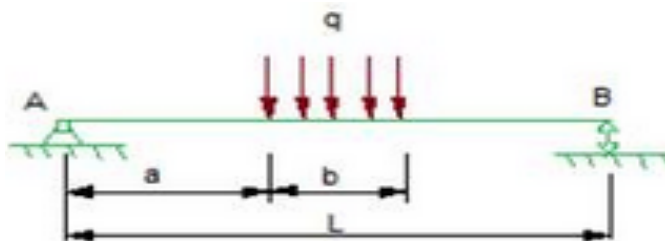


Figura 13.- Distribución de la fuerza de inercia

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos93/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica.shtml>

⁷ Arrieta Noriega, N. E., Chagoyén Méndez, C. A., & Mendoza Díaz, I. d. (s.f.). *Monografias.com*. Recuperado el 03 de 06 de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos93/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica.shtml>

Con la ayuda del software MDSolids, se puede hacer la determinación de las reacciones de apoyo y evaluación de la variación de las fuerzas internas (Cortante y Momento Flector) en el eje, esto está representado en la Figura14.

$$q = \frac{Pi}{b} \quad (3.4)$$

Ecuación (3. 4): Carga Estática

$$q = 298200.88 \text{ N/m} = 292.01 \text{ kN/m}$$

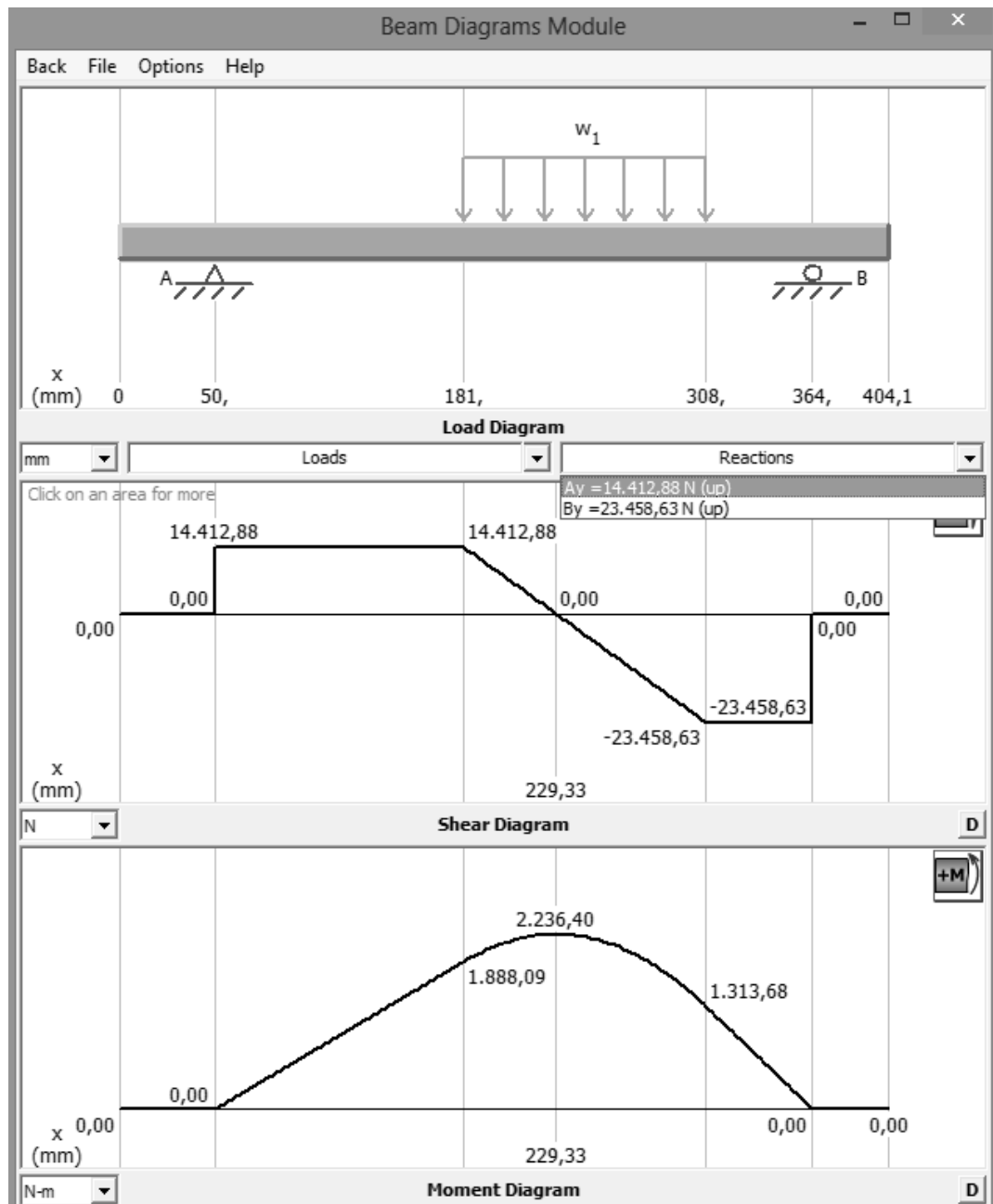


Figura 14.- Fuerza cortante y momento flexionante del eje excéntrico

De los resultados obtenidos se puede apreciar que la relación de apoyo es igual a

$$Ay = 14412.88 \text{ N} = 14.41288 \text{ kN}$$

Utilizando otro análisis del mismo software se pueden determinar todas las características geométricas de la sección transversal. Es necesario colocar el diámetro que en este caso es de 32 mm, Para así determinar posteriormente las deformaciones lineales y angulares, colocando el tipo de material, y el módulo de Elasticidad o de Young (E). Se escogió el acero estructural A36 que tiene $E=200000 \text{ MPa}$.

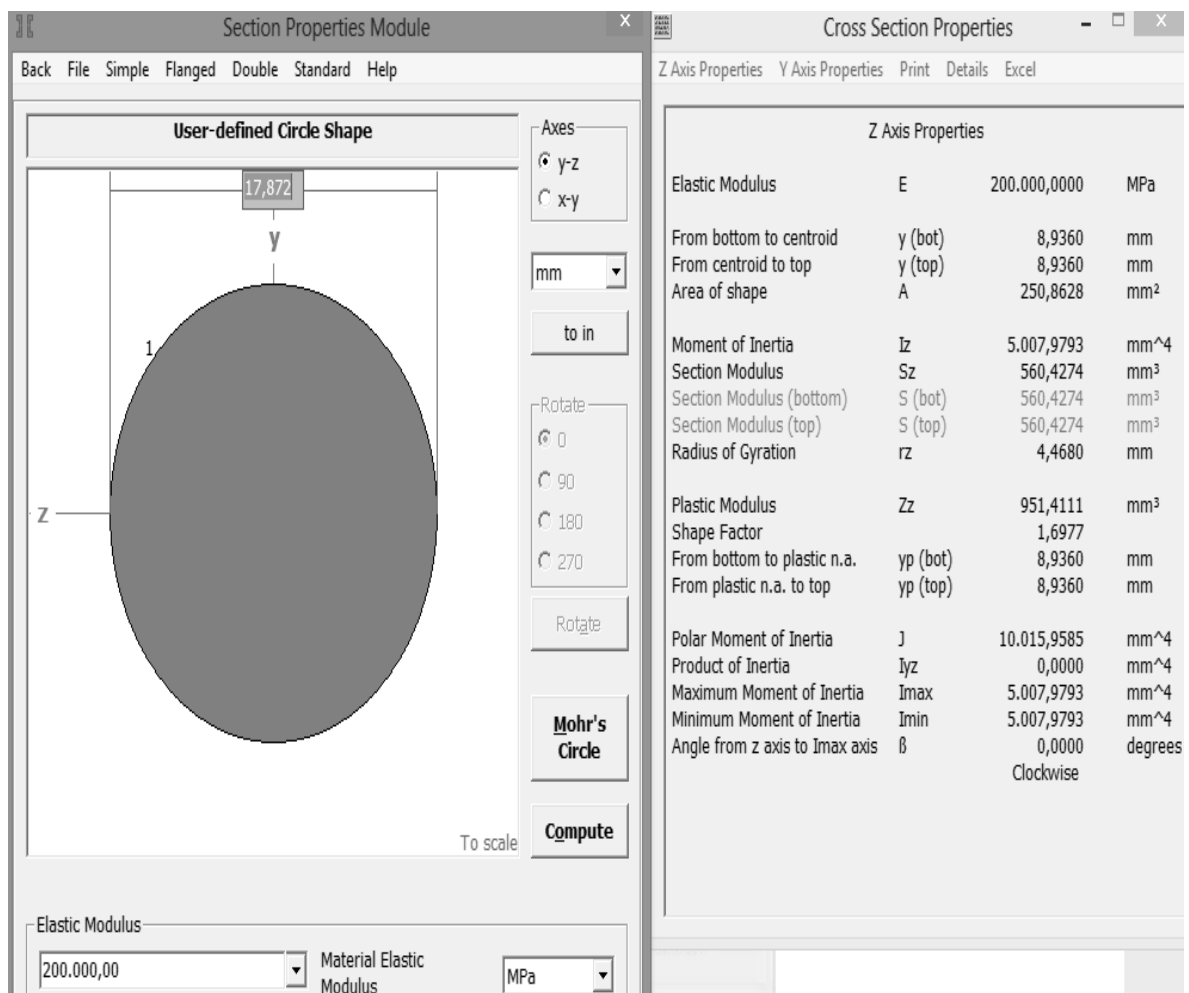


Figura 15.- Propiedades de la sección transversal del eje

De todos los resultados o propiedades de la sección transversal, el más importante para este tipo de cálculo es el Momento de Inercia (I_x) que resultó ser $5007,9793 \text{ mm}^4$ como se puede apreciar en la Figura 15.

En la figura 16 se pueden apreciar la deformación angular y la flecha que son:

$$\theta_0 = 0.011$$

$$y = -0.04$$

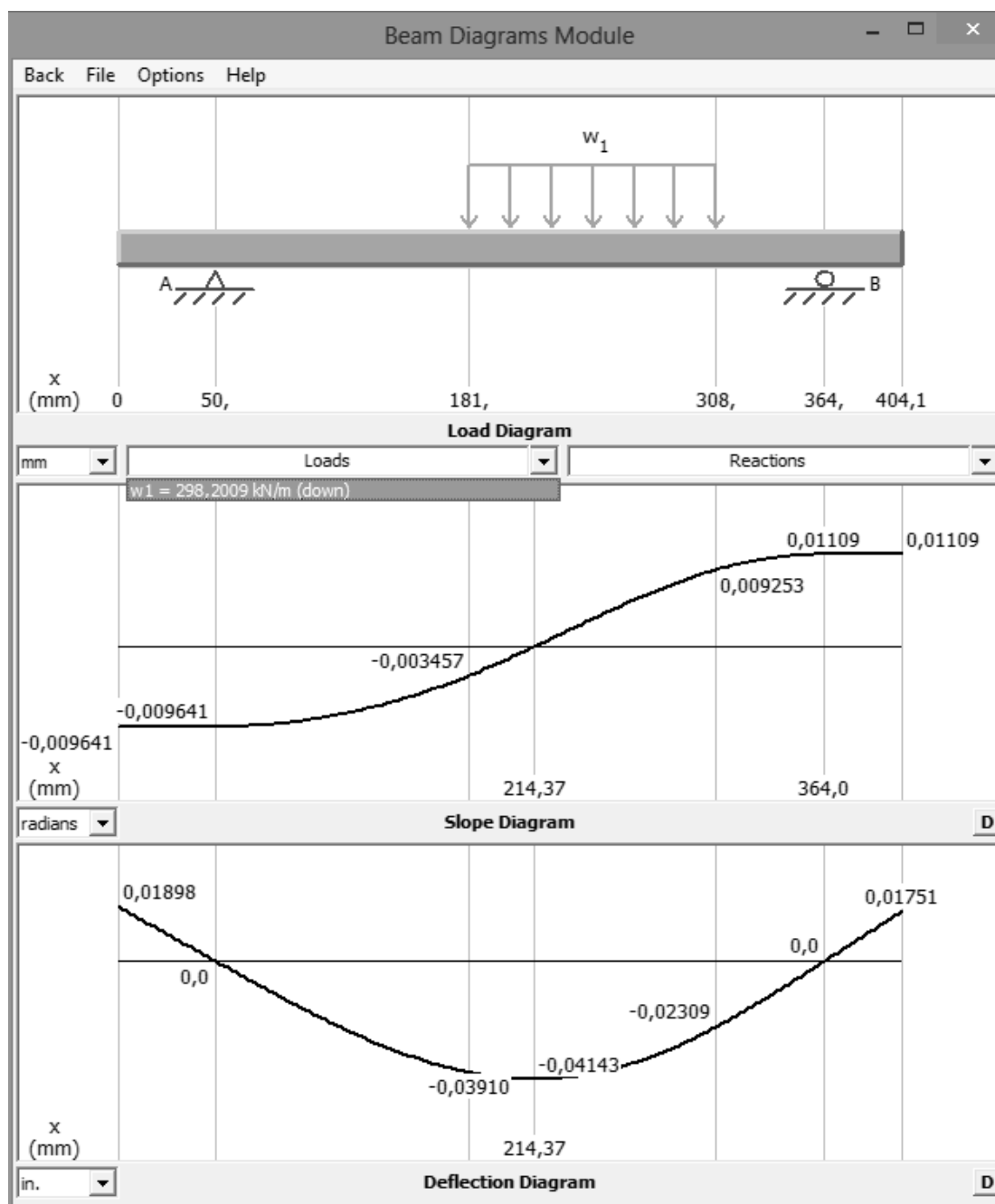


Figura 16.-Ángulo de deformación y deflexión

3.2. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO

En el capítulo dos, se establece que este subsistema estará conformado por un transportador mixto que consta de rodillos y dos cintas de transporte que forman dos canales para que los aguacates vayan en fila.

3.2.1. FUNCIONES

- Permitir que los aguacates vayan en una sola fila.
- Permitir al usuario realizar un pre clasificado de los aguacates que están en mal estado para ser comercializados.
- El movimiento debe ser sincronizado con el siguiente subsistema de la máquina.

3.2.2. REQUISITOS DEL DISEÑO

- Las cintas transportadoras deben tener separaciones que formen canales, esto con la finalidad de que los aguacates vayan uno a uno al siguiente subsistema.
- Debe existir una separación en la mitad del subsistema para que no entren más de dos aguacates al subsistema de clasificación.
- La velocidad de las cintas transportadoras no debe sobrepasar las trece revoluciones por minuto ya que debe permitir realizar el pre clasificado de los aguacates, esta velocidad se establece de acuerdo al tiempo que se demora el comerciante en clasificar manualmente los aguacates que es de aproximadamente 30 aguacates en un minuto.

3.2.3. CINTA TRANSPORTADORA

Para realizar la elección adecuada de las bandas transportadoras es necesario Determinar las características técnicas de la misma estas son: ancho, tipo de tela, calidad y espesor de la goma de cobertura en relación al material que se va a transportar, en este caso son aguacates, y serán dos bandas de cada lado con la finalidad de hacer dos canales para el recorrido de los aguacates, pero tendrán las mismas medidas y materiales.

Capacidad real de transporte

$$Q = Qm \cdot V \cdot K \cdot y \left(\frac{T}{h}\right) \quad (3.5)$$

Ecuación (3. 5): Capacidad real de transporte

K= coeficiente de inclinación

Qm= capacidad teórica

V= velocidad de la banda

O= inclinación de la banda

Y= peso específico aparente

La alimentación de la banda será regular

O= 0°

K= 1

Tabla 5.1 pag. 135 Antonio Miravete

Ancho de la banda 200mm

d = distancia que recorre la banda = 0.70 m

t = tiempo en el que la banda termina su recorrido =10 s

$$V = \left(\frac{d}{t}\right) m/s \quad (3.6)$$

Ecuación (3. 6): velocidad de la banda

$$V = \left(\frac{0.70}{10}\right)$$

$$V = 0.07 \frac{m}{s} = 252 \frac{m}{h}$$

Calculo del peso específico de la banda

Tabla 5.-Grosor de la banda

Qm en m^3/h para $V=1 m/seg$							
Ancho banda mm	Banda plana m^3/h	Banda en forma de artesa					
		L1=L2 mm	a=20° m^3/h	a=30° m^3/h	L1 mm	L2 mm	a=30° m^3/h
300	12	132	20	23	-	-	-
350	17	148	31	35	-	-	-

Fuente: Antonio, Miravates, A., & Larrodé, E. *Transportadores y Elevadores*

$$Qm = 12 \left(\frac{m^3}{h} \right)$$

$$Y = 1.64$$

$$Q = 1.38 \left(\frac{T}{h} \right)$$

Tabla 6.- Separación entre rodillos

Ancho mínimo. Dimensiones de los trozos de la carga- Separación entre rodillos							
ANCHO DE LA BANDA	CLASE Y DIMENSIONES DEL MATERIAL		PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL EN KG/M^3				Separación rodillos de retorno
			450	900	1200/ 1600	2000/ 2400	
	Uniforme	Con finos	Separación entre rodillos de ida				
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
300	38	100	1650	1500	1500	1400	3000
350	48	115	1650	1500	1500	1400	3000

Fuente: Antonio, Miravates, A., & Larrodé, E. *Transportadores y Elevadores*

Tabla 7.- Coeficiente de fricción

Coeficiente de fricción. Valor de μ	
Polea desnuda ambiente húmedo.....	$\mu=0.20$
Polea recubierta tejido ambiente húmedo.....	$\mu=0.25$
Polea desnuda ambiente seco.....	$\mu=0.30$
Polea recubierta goma ambiente húmedo.....	$\mu=0.35$
Polea recubierta tejido ambiente seco.....	$\mu=0.40$
Polea recubierta goma ambiente seco.....	$\mu=0.45$

Fuente: Antonio, Miravates, A., & Larrodé, E. *Transportadores y Elevadores*

Tabla 8.- Capacidad de carga

Capacidad de carga: $V = 1 \text{ m}^3/h$		
Ancho	Plana m^3/h	Artes20 ^o m^3/h
300	15	28
400	28	50
500	45	100
600	65	120
800	110	150

Fuente: Antonio, Miravates, A., & Larrodé, E. *Transportadores y Elevadores*

Área de la sección transversal

De la tabla 8 se obtiene que la capacidad volumétrica $\lambda = 15 \left(\frac{\text{m}^3}{h}\right)$

$$S = \left(\frac{\lambda}{V}\right) m^2 \quad (3.7)$$

Ecuación (3. 7): Área de la sección transversal de la banda

$$S = 0.059 \text{ m}^2$$

Cantidad de material por metro lineal

$$qG = \left(\frac{Iv}{3.6 * V} \right) \quad (3.8)$$

Ecuación (3. 8): Cantidad de material por metro lineal

$$Iv = \lambda * d * k * V$$

Ecuación (3. 9): Capacidad de Transporte

$$Iv = 15 * 0.7 * 1 * 0.07$$

$$Iv = 0.735 \frac{T}{m} \quad (3.9)$$

$$qG = \left(\frac{0.735}{3.6 * 0.07} \right)$$

$$qG = 2.92 \frac{Kg}{m}$$

Esfuerzo tangencial (tambor motriz)

$$Fu = [L. Cg. Ct. f(2qb + qG + qru + qro)]. 9.8 N \quad (3.10)$$

Ecuación (3. 10): Esfuerzo tangencial (tambor motriz)

L = distancia entre ejes = 0.64 m

Cg = coeficiente de resistencias fijas= 4.5 ya que no existe distancia mínima

Ct = Coeficiente de resistencias pasivas = 1

f = coeficiente de rozamiento interno de las partes giratorias = 0.016 no existe

qb = Peso de la banda por metro lineal = $3 \frac{Kg}{m}$ Manual goodyear. (Pag 62)

qru = peso de las partes giratorias inferiores

qro = peso de las partes giratorias superiores = $1.6 \frac{Kg}{m}$ servicio liviano

$$qru = \left(\frac{Ppri}{a_o} \right) \frac{Kg}{m} \quad (3.11)$$

Ecuación (3. 11) peso de las partes giratorias inferiores

a_o = distancia de ubicación al inicio = 0.074m

$Ppri$ = peso del rodillo = 2 Kg

$$qru = \left(\frac{2}{0.74} \right)$$

$$qru = 2.7 \frac{Kg}{m}$$

$$Fu = [0.64 * 4.5 * 1 * 0.016(2 * 3 + 2.92 + 2.7 + 1.6)] * 9.8 N$$

$$Fu = 5.97 N$$

$Fa = 0$ ya que las banda son planas y constan de un solo tramo

Potencia motriz

$$P = \frac{Fu \cdot V \cdot Fs}{1000 \cdot n} \quad (3.12)$$

Ecuación (3. 12): Potencia Motriz

Fs = Factor de seguridad = 2.5 por tratarse de una aceleración continua

n = Rendimiento = 80%

$$P = \frac{5.97 * 0.07 * 2.5}{1000 * 0.8}$$

$$P = 1.29 hp$$

Se seleccionó el color negro para las bandas, debido a que se va a trabajar con aguacates que en ocasiones pueden ingresar en mal estado, esto con la finalidad de que las bandas sean limpiadas no se manchen, además se seleccionó dos bandas de 3 lonas vulcanizadas, con la finalidad de que exista una mayor durabilidad y resistencia de las bandas. Además en cada banda es

necesario pegar canales hechos de caucho para que los aguacates se separen en la banda y así permitir la distribución uniforme al siguiente subsistema de los aguacates. La distancia y las dimensiones de dichos canales serán establecidas en los planos mecánicos que se encuentran en el Anexo H.

3.2.4. ANÁLISIS DEL EJE DE LOS RODILLOS

El eje de los rodillos estará formado por una barra de acero de 207 GPa de módulo de elasticidad, el mismo está sometido a las fuerzas que se indican en la figura 17, los datos con los que se cuenta en el sistema son los siguientes:

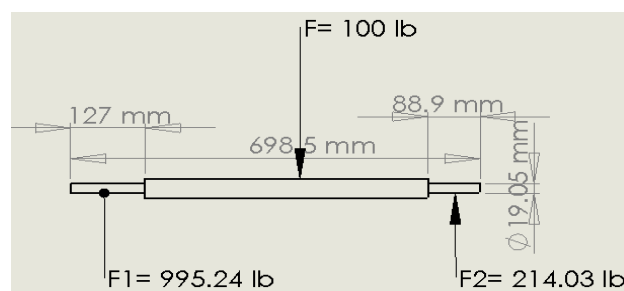


Figura 17.-Eje de los rodillos

$$D = 19.05 \text{ mm}$$

$$L = 698.5 \text{ mm}$$

$$E = 20 \text{ Gpa} = 207 \times 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

$$F_1 = 995 \text{ lb} = 5306.014 \text{ N}$$

$$F_2 = 214.03 \text{ lb} = 951.384 \text{ N}$$

$$F = 100 \text{ lb} = 424.928 \text{ N}$$

El esfuerzo en el eje

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3.13)$$

Ecuación (3. 13): Esfuerzo del eje

F = fuerza a la que está sometida el eje

A= área del eje (circunferencia)

La ecuación para el área de la circunferencia $A = \frac{\pi D^2}{4}$, se obtiene del apéndice 1 de Diseño de elementos de Máquinas de Robert L. Mott. Que se encuentra en el anexo C de este documento.

Se calcula el área

$$A = \frac{\pi(19.05)^2}{4}$$

$$A = 285,02 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{424.928 \text{ N}}{285.02 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 1.49 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 1.49 \text{ MPa}$$

Par de torsión

$$\tau = 63000 \frac{P}{n} \quad (3.14)$$

Ecuación (3. 14): Par de Torsión

P= Potencia a la que está sometido el eje para su giro, la potencia se transmite del motor al eje = 1.5 hp.

n = velocidad a la que gira el eje = 37.62 rpm

$$\tau = 63000 \frac{1.5}{37.62}$$

$$\tau = 2511.96 \frac{\text{lb}}{\text{in}} = 283.81 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Esfuerzo cortante torsional máximo

$$\tau_{max} = \frac{\tau c}{J} \quad (3.15)$$

Ecuación (3. 15): Esfuerzo cortante torsional máximo

$c =$ radio de la superficie externa del eje $= \frac{D}{2} = 9.525mm$

$J =$ momento polar de inercia

La ecuación del momento polar de inercia se obtiene del anexo C.

$$J = \frac{\pi D^4}{32} \quad (3.16)$$

Ecuación (3. 16): Momento polar de inercia

$$J = 12929.44 \text{ mm}^4$$

$$\tau_{max} = \frac{\left(283.81 \frac{N}{m}\right) (9.525mm) (10^3)}{12929.44mm^4} = 1.85 \text{ MPa}$$

El esfuerzo torsional máximo del eje se encuentra en la superficie externa del mismo, alrededor de toda la circunferencia. A continuación se presenta el diagrama de cuerpo libre del eje con los respectivos diagramas de fuerza cortante y momento flexionante.

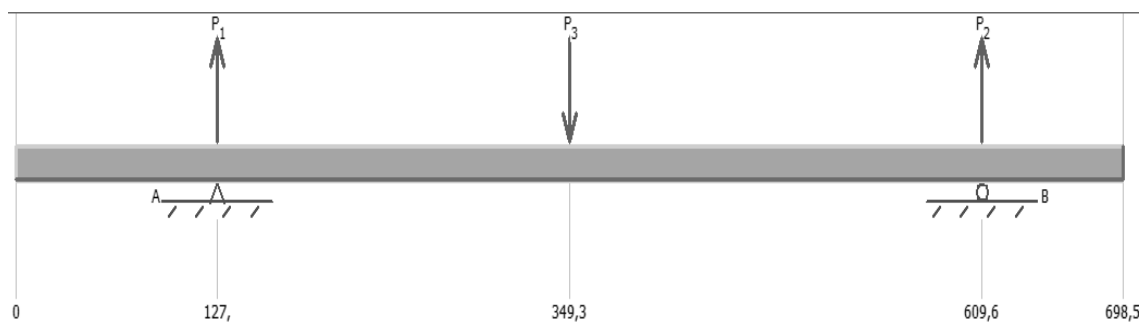


Diagrama 1: Diagrama de cuerpo libre

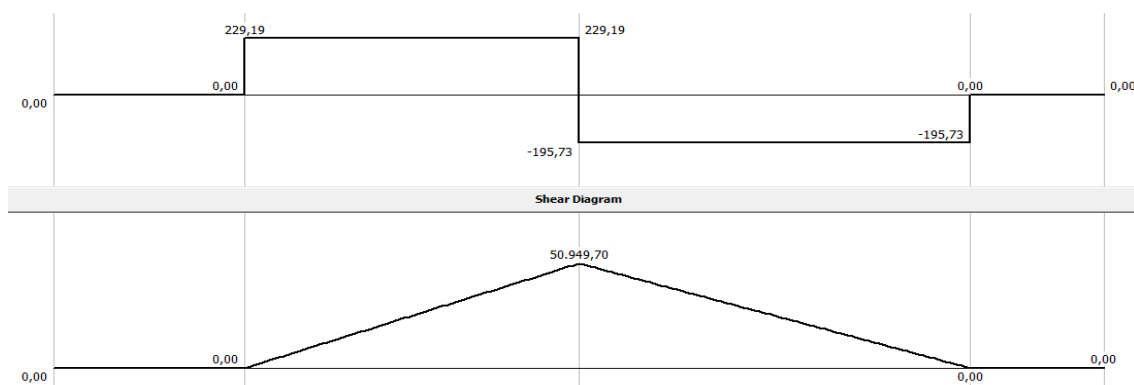


Diagrama 2.- Fuerza cortante y momento flexionante

3.2.5. RELACIÓN DE TRANSMISIÓN

Debido a que cada subsistema de la máquina tiene diferentes sistemas para transmitir el movimiento, es necesario determinar la velocidad final de cada uno, para conocer los elementos a utilizarse en la transmisión de movimiento, para ello se emplea la fórmula de relación de transmisión

$$i = \frac{n2}{n1} = \frac{d2}{d1} \quad (3.17)$$

Ecuación (3. 17): Relación de transmisión por bandas

$$i = \frac{n2}{n1} = \frac{Z2}{Z1} \quad (3.18)$$

Ecuación (3. 18): Relación de transmisión por cadenas

Dónde:

i= Relación de transmisión

n1 = velocidad de giro inicial

n2 = velocidad de giro final

n1 = diámetro de la polea conductora

n1 = diámetro de la polea conducida

Z1 = número de dientes de los piñones iniciales.

n1 = número de dientes de los piñones finales

El cálculo de la relación de transmisión se lo hace en cada subsistema y para una mayor facilidad se denomina a los subsistemas con iniciales como se muestra en la tabla 9, esto con la finalidad de saber que calculo corresponde a cada subsistema.

Tabla 9.- Denominación de los subsistemas

SUBSISTEMA	DENOMINACIÓN
Alimentación	A
Transporte y Ordenamiento	TO
Clasificación	C

Hay que tomar en cuenta que la velocidad de entrada será la misma para el subsistema de alimentación así como también para el subsistema de transporte y ordenamiento ya que para transmitir el movimiento a los dos se utiliza una polea sujeta al eje del motor, los datos con los que se cuentan se muestran a continuación en la tabla 10. Además la velocidad inicial estará dada por un reductor de velocidad, ya que el proceso es lento, el reductor de velocidad será de relación de reducción de 40:1, y la velocidad del motor es de 1720 rpm, lo que da como resultado que la velocidad inicial es de 43 rpm, además la selección de los elementos se la realiza en base a las velocidades para cada subsistema que son de acuerdo a las características del trabajo a realizar en cada subsistema.

Tabla 10.- Datos de poleas, piñones y catarinas

DATOS PARA CALCULAR LA RELACION DE TRANSMISION							
VARIABLE	Polea inicial	Polea (A)	Polea (TO)	Piñón eje (TO)	Piñón Templador (TO)	Piñón (TO-C)	Catarina (C)
d (cm)	10	3.33	16.51	x	x	x	x
N (rpm)	43	?	?	?	?	?	?
Z	x	x	x	14	15	17	35

La variable a calcularse en cada subsistema será la velocidad de salida n_2 , para lo cual de las ecuaciones 3.16 y 3.17 se despeja n_2 quedando como sigue.

Para poleas

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

$$n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2}$$

Para piñones y catarinas

$$n1.Z1 = n2.Z2$$

$$n2 = \frac{n1.Z1}{Z2}$$

Velocidad de salida en la polea (A)

$$n2 = \frac{43(10)}{2.33}$$

$$\mathbf{n2 = 184.55 \text{ rpm}}$$

Velocidad de salida en la polea (TO)

$$n2 = \frac{43(10)}{16.51}$$

$$\mathbf{n2 = 26.05 \text{ rpm}}$$

Velocidad de salida en los rodillos (TO)

Para calcular la velocidad a la que se mueven los rodillos del subsistema de transporte y ordenamiento, la velocidad de entrada $n1$ en los piñones de los rodillos es $n2$ de TO ya que la polea se sujeta al mismo eje del piñón inicial de todos los rodillos, pero la velocidad final se calcula con el número de dientes del piñón del templador, que está ubicado al final de la transmisión por cadena del subsistema.

$$n2 = \frac{26.05(14)}{15}$$

$$\mathbf{n2 = 14.98 \text{ rpm}}$$

Velocidad de salida en los piñones que transmiten el movimiento al subsistema de clasificación (TO-C)

$$n2 = \frac{14.98 (14)}{17}$$

$$\mathbf{n2 = 12.34 \text{ rpm}}$$

Velocidad de salida en la Catarina (C)

$$n2 = \frac{12.34 (35)}{17}$$

$$n_2 = 25.41 \text{ rpm}$$

Con las velocidades obtenidas se procede a realizar los posteriores cálculos.

3.2.5.1. BANDAS DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

El sistema de bandas, utilizado para transmitir el movimiento, disminuye la velocidad de giro proporcionada por el motorreductor en los subsistemas de alimentación, transporte y ordenamiento, se procede al diseño de la banda tomando en cuenta los datos de las poleas tanto del motorreductor como de los subsistemas antes mencionados.

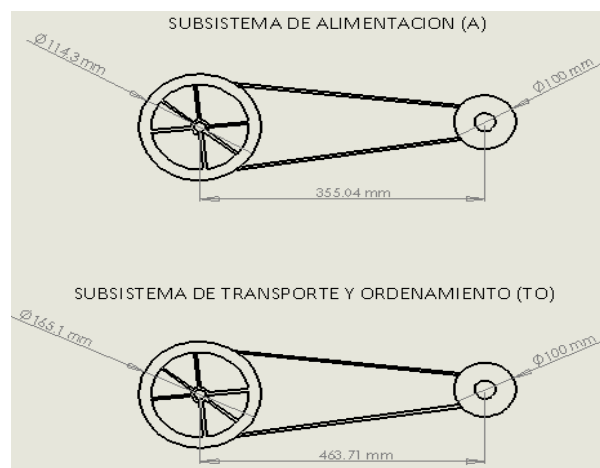


Figura 18.- Transmisión de movimiento con bandas

Los datos con los que se cuenta en los subsistemas son los siguientes:

- Subsistema de alimentación (A)
 - d1**= 10 cm = 3.94 pulgadas
 - d2**= 2.33 cm = 29/32 pulgadas
 - n1**= 43 rpm
- Subsistema de transporte y ordenamiento (TO)
 - d1**= 10 cm = 3.94 pulgadas
 - d2** = 16.51 cm = 6.5 pulgadas
 - n1**= 43 rpm
- Distancia entre centros
 - Cd**= 35.50 cm = 13.98 pulgadas **(A)**

Cd= 46.37 cm = 18.26 pulgadas (TO)

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{d2 - d1}{2Cd}\right) \quad (3.19)$$

Ecuación (3. 19).- Distancia entre centros

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{2.33 - 10}{2(35.5)}\right) (A)$$

$$\alpha = 1.15^\circ (A)$$

$$\alpha = \sin^{-1}\left(\frac{16.51 - 10}{2(46.37)}\right) (TO)$$

$$\alpha = 4.02^\circ (TO)$$

Longitud de la banda

$$L = \sqrt{4Cd^2 - (d2 - d1)^2} + \frac{\pi}{2}(d1 + d2) + \frac{\pi(d2 - d1)\alpha}{180} \quad (3.20)$$

Ecuación (3. 20): Longitud de la banda

$$L = \sqrt{4(35.5)^2 - (11.43 - 10)^2} + \frac{\pi}{2}(10 + 2.33) + \frac{\pi(2.33 - 10)1.15}{180} (A)$$

$$L = 104.68 \text{ cm } (A)$$

$$L = \sqrt{4(46.37)^2 - (16.51 - 10)^2} + \frac{\pi}{2}(10 + 16.51) + \frac{\pi(16.51 - 10)4.02}{180} (TO)$$

$$L = 134.61 \text{ cm } (TO)$$

Hp de entrada = 1

$$f1 = 1.4$$

$$f2 = 0.4$$

Tabla 18.1 pag. 835 Hamrock

La potencia de entrada es la del motorreductor por lo tanto es de 1hp, y el factor de servicio es 0.4 ya que se considera arranques y paradas frecuentes.

$$H_a = k_1 \cdot k_2 \cdot H_{tab} \quad (3.21)$$

Ecuación (3. 21): Potencia Admisible

Dónde:

H_a= Potencia admisible

K₁ = Factor de corrección del ángulo de contacto

K₂ = factor de corrección de longitud de las bandas

Se considera K₁ como factor de corrección del ángulo de contacto de las bandas

Tabla 11.- Factor de corrección del ángulo de contacto

$\frac{D-d}{Cd} (A)$	k₁ (A)	$\frac{D-d}{Cd} (TO)$	k₁ (TO)
0.0	0.75	0.1	0.76
0.04	k₁	0.14	k₁
0.1	0.76	0.2	0.78

Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va ed.)

$$\frac{0.1 - 0.0}{0.04 - 0.0} = \frac{0.76 - 0.75}{k_1 - 0.75} (A)$$

K₁ =0.754 (A)

$$\frac{0.2 - 0.1}{0.14 - 0.1} = \frac{0.78 - 0.76}{k_1 - 0.76} (TO)$$

K₁ =0.768 (TO)

Las bandas son del tipo B según la tabla 17-12 de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va Edición) (pp. 881), por lo tanto el factor de corrección de longitud de las bandas k₂ se obtiene de la tabla 17-14 de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va Edición) (pp. 822) dando como resultado

en los Subsistemas de alimentación (A) y el de transporte y ordenamiento (TO), 0.85 y 0.90 sucesivamente; para encontrar la potencia tabulada H_{tab} de la tabla 17-12 de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va Edición) (pp. 881) que es 1.27 hp. Y 1.92 hp respectivamente

$$H_a = 0.754(0.85)(1.27 \text{ hp})(A)$$

$$H_a = 0.81 \text{ hp} \approx 1 \text{ hp} (A)$$

$$H_a = 0.768(0.90)(1.92 \text{ hp})(TO)$$

$$H_a = 1.33 \text{ hp} \approx 1.5 \text{ hp} (TO)$$

Número de bandas

$$N_b = \frac{H_d}{H_a} \quad (3.22)$$

Ecuación (3. 22): Número de bandas

Dónde:

Nb= Número de bandas

Hd = Potencia de diseño

K2 = factor de diseño

$$H_d = H_{nom} \cdot k_s \cdot n_d \quad (3.23)$$

Ecuación (3. 23): Potencia de diseño

Se toma como factor de servicio k_s igual a 1 para las dos bandas, de acuerdo a las exigencias del trabajo n_d igual al 5% de la tabla 17-15 de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va Edición) (pp. 882) y el factor de diseño n_d es de 1.05

$$H_d = 1.5(1)(1.05)$$

$$H_d = 1.05$$

$$Nb = \frac{1.05}{1} = 1.05 \approx 1 (A)$$

$$Nb = \frac{1.05}{1.5} = 0.7 \approx 1 (TO)$$

Cumpliendo con la condición de diseño que el número de bandas tiene que ser mayor o igual a la potencia de diseño sobre la potencia admisible se utilizará una banda para cada subsistema.

$$Nb \geq \frac{Hd}{1Ha}$$

El Factor de seguridad es el mismo para cada banda de los dos sistemas debido a que con las aproximaciones los datos son similares.

$$fs = \frac{Ha.Nb}{Hnom.Ks} \quad (3.24)$$

Ecuación (3. 24): Factor de seguridad

$$fs = \frac{(1)(1.05)}{(1.5)1} (A)$$

$$fs = 0.7(A)$$

$$fs = \frac{(1.5)(0.7)}{(1.5)1} (TO)$$

$$fs = 0.7(TO)$$

Fuerzas

Para obtener las fuerzas que se aplican en las bandas se calcula la velocidad de las bandas que será igual en los dos casos, ya que la polea que se utiliza para transmitir la velocidad del motorreductor es la misma en los dos subsistemas, en la ecuación 3.8 n es la velocidad rotacional de las bandas por lo tanto es la velocidad del motorreductor en rpm.

$$V = \frac{\pi d 1 n}{12} \quad (3.25)$$

Ecuación (3. 25): Velocidad de la banda

$$V = \frac{\pi(3.94)43}{12}$$

$$V = 44.35 \text{ pies/min}$$

Tensión centrífuga

$$F_c = K_c \left(\frac{V}{1000} \right)^2 \quad (3.26)$$

Ecuación (3. 26): Tensión centrífuga de la banda

Dónde:

Kc= Constante de la tensión

El valor de kc=0.965 lo obtenemos de tabla 17-16 de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (8va Edición) (pp. 883).

$$F_c = 0.965 \left(\frac{44.35}{1000} \right)^2$$

$$F_c = 1.898 \times 10^{-3} \text{ lb}$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \cdot \exp(f\Phi)}{\exp(f\Phi) - 1} \quad (3.27)$$

Ecuación (3. 27): Tensión en el lado tirante de la polea impulsora

$$\Delta F = \frac{63025 \left(\frac{Hd}{Nb} \right)}{n \left(\frac{d}{2} \right)} \quad (3.28)$$

Ecuación (3. 28): Diferencia de Tensiones

Donde n es el número de revoluciones por minuto y d es el diámetro de la polea conductora

$$\Delta F = \frac{63025\left(\frac{1.05}{1}\right)}{43\left(\frac{3.94}{2}\right)}$$

$$\Delta F = 781.21 \text{ lbf}$$

$$\Phi = \pi - 2 \sin^{-1}\left(\frac{D-d}{2Dc}\right) \quad (3.29)$$

Ecuación (3. 29): Angulo de Contacto de la polea menor

$$\Phi = \pi - \frac{\pi}{180} \left(2 \sin^{-1}\left(\frac{4.5 - 3.94}{2(13.98)}\right)\right) (A)$$

$$\Phi = 3.102 \text{ rad}(A)$$

$$\Phi = \pi - \frac{\pi}{180} \left(2 \sin^{-1}\left(\frac{6.5 - 3.94}{2(18.26)}\right)\right) (TO)$$

$$\Phi = 3.001 \text{ rad}(TO)$$

$$\exp(f(\Phi)) = \exp(0.5123 \cdot \Phi)$$

$$\exp(0.5123(3.102 \text{ rad})) = 4.899 (A)$$

$$\exp(0.5123(3.001 \text{ rad})) = 4.65 (TO)$$

$$F1 = 1.898 \times 10^{-3} + \frac{781.21(4.899)}{4.899 - 1} (A)$$

$$F1 = 981.57 \text{ lb} (A)$$

$$F1 = 1.898 \times 10^{-3} + \frac{781.21(4.65)}{4.65 - 1} (TO)$$

$$F1 = 995.24 \text{ lb} (TO)$$

$$F2 = F1 - \Delta F \quad (3.30)$$

Ecuación (3. 30): Tensión menor

$$F2 = 981.57 - 781.21 (A)$$

$$F2 = 200.36 \text{ lb} (A)$$

$$F2 = 995.24 - 781.21 (TO)$$

$$F2 = 214.03 \text{ lb (TO)}$$

Torque

El torque que se aplica en las dos bandas es el mismo ya que la polea conductora es la misma.

$$T = \frac{F1 - F2}{2} \cdot d1 = \frac{\Delta F}{2} \cdot d1 \quad (3.31)$$

Ecuación (3. 31): Torque de la banda

Dónde:

F1= fuerza inicial

F2= fuerza final

K2 = factor de diseño

$$T = \frac{781.21}{2} \cdot 3.94$$

$$T = \frac{781.21}{2} \cdot 3.94$$

$$T = 1538.98 \text{ lb. in}$$

$$F = F1 + F2 \quad (3.32)$$

Ecuación (3. 32): Tensión total de la banda

$$F = 981.57 + 200.36 (A)$$

$$F = 1181,93 (A)$$

$$F = 995.24 + 214.03 (TO)$$

$$F = 1209.27 (TO)$$

3.2.5.2. CADENA

Las cadenas de rodillos son fabricadas normalmente con acero, aunque existen también las manufacturadas con otros metales. Son utilizadas en una gran cantidad de sistemas mecánicos para transmitir el movimiento, estas están

formadas con cilindros huecos que son los rodillos exteriores, que están montados entre dos placas sujetadas con rodillos interiores o ejes, como se muestra en la figura 19.

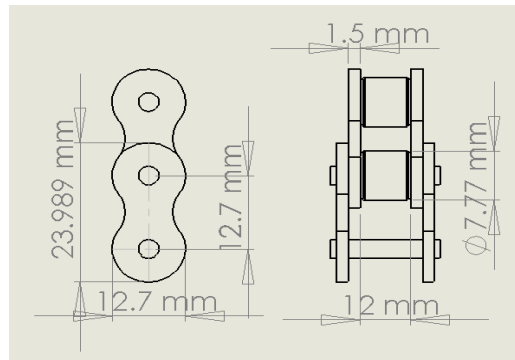


Figura 19.- Dimensiones de una cadena de rodillos

Las cadenas se utilizan en los subsistemas de transporte y ordenamiento y de clasificación por su gran resistencia y flexibilidad.

En el subsistema de ordenamiento las cadenas se utilizan para dar el movimiento de los rodillos de las bandas transportadoras, los ejes de los rodillos se sujetan a chumaceras que están ubicadas a un distancia de centros de 63.5 mm, mismos que a su vez tienen dispuestos piñones de un diámetro interior de 19.06mm, diámetro exterior de 40.26mm, y de 14 dientes para la transmisión del movimiento, como se muestra en la figura 20, la velocidad se mantendrá constante en este subsistema, ya que los piñones ubicados en cada eje son los mismos.

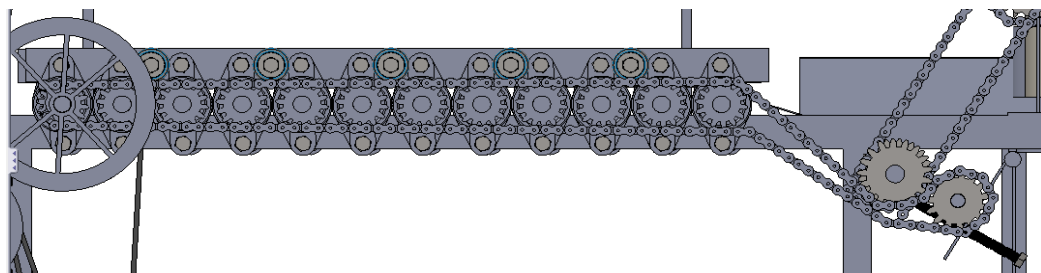


Figura 20.- cadenas en el subsistema de clasificación y ordenamiento

Para evitar que la cadena se desubique esta sujeta por rulimanes que se encuentran en la parte superior de la misma, estos se sostienen a la platina superior por medio de pernos que se encuentran dentro de un bocín, además se utiliza un templador como se muestra en la parte derecha de la figura 21.

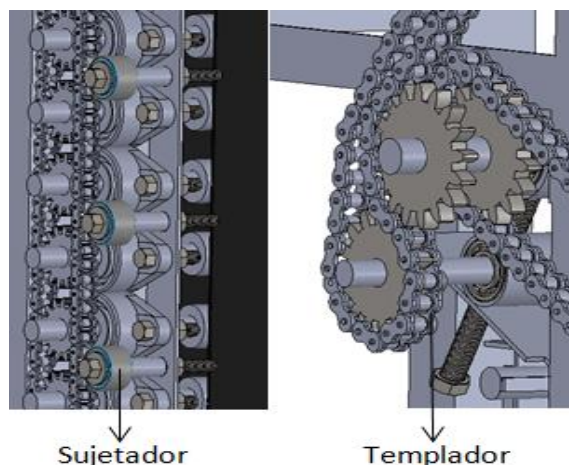


Figura 21.- Sujetador y templador de la cadena

Para dar el movimiento en el subsistema de Clasificación se utilizan dos piñones, el uno se mueve con el movimiento del templador y el otro está sujeto al mismo eje de las cuatro catarinas que se mueven por medio de cadenas, estas están ubicadas a los dos lados del subsistema y entre las cuales están soldadas platinas ubicadas a una distancia adecuada, para que las manos que están remachadas dos en cada platina, sean las encargadas de hacer recorrer los aguacates uno por uno a través de todo el subsistema, como se muestra en la figura 22.

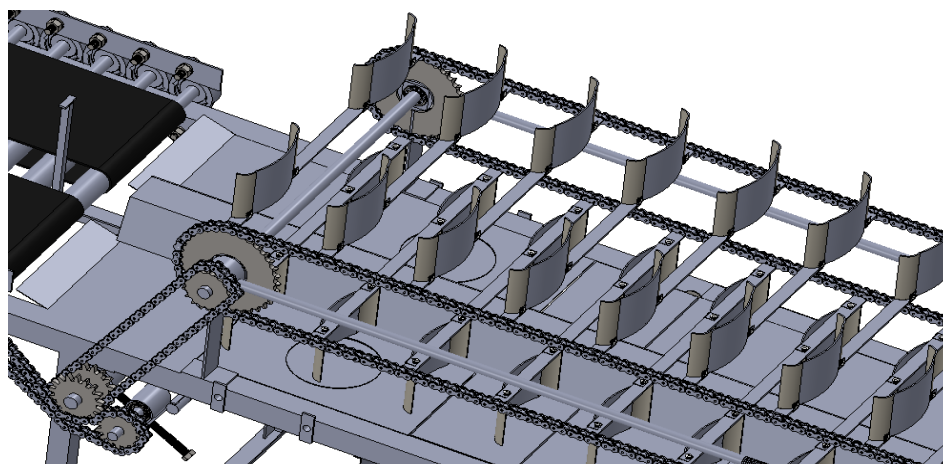


Figura 22.- Cadenas en el subsistema de clasificación

Velocidad de la cadena

$$u = \frac{\pi}{12} n_1 \cdot d_1 \quad (3.33)$$

Ecuación (3. 33): Velocidad de la cadena

Sistema de Transporte y ordenamiento (TO)

$$n_1 = 14.98 \text{ rpm}$$

$$d_1 = 4.026 \text{ cm} = 1.59 \text{ pulgadas}$$

Sistema de Clasificación (C)

$$n_1 = 25.41 \text{ rpm}$$

$$d_1 = 13.79 \text{ cm} = 5.43 \text{ pulgadas}$$

$$u = \frac{\pi}{12} 14.98(1.59)(TO)$$

$$u = 6.24 \text{ ft/min}(TO)$$

$$u = \frac{\pi}{12} 25.41(5.43)(C)$$

$$u = 36.12 \text{ ft/min}(C)$$

La potencia de la banda se transmite a la cadena por lo que la potencia transmitida en hp=1.

$$hpr = hp \cdot a_1 \cdot a_2 \quad (3.34)$$

Ecuación (3. 34): Potencia requerida

Dónde:

Hpr= Potencia requerida

Hd = factor de servicio

K2 = factor de torones

Donde a1 es el factor de servicio que tiene un valor de 1, se obtiene de la tabla 18-12 de Elementos de Máquinas de Hamrock (pp. 854) y a2 es el factor de torones múltiples es igual a 1.7 se obtenidos de la tabla 18-13 de Elementos de Máquinas de Hamrock (pp. 854)

$$hpr = 1(1)(1)$$

$$hpr = 1.7 \text{ hp}$$

Tensión de la cadena

$$P1 = \frac{33000 \text{ hpr}}{u} \quad (3.35)$$

Ecuación (3. 35): Tensión de la cadena

$$P1 = \frac{33000 (1.7)}{6.24} \text{ (TO)}$$

$$P1 = 8990.38 \text{ lbf (TO)}$$

$$P1 = \frac{33000 (1.7)}{7.09} \text{ (C)}$$

$$P1 = 7912.55 \text{ lbf (C)}$$

$$Pt = P1 + W(\text{sistema mecanico a mover}) + Waguacates \quad (3.36)$$

Ecuación (3. 36): Tensión total de la cadena

$$Pt = 8990.38 + 150 + 26.46 \text{ (TO)}$$

$$Pt = 9166.84 \text{ lbf (TO)}$$

$$Pt = 7912.55 + 75 + 26.46 \text{ (C)}$$

$$Pt = 8014.01 \text{ lbf (C)}$$

La tensión permisible de la cadena #40 se la obtiene de la tabla 18.10 de Elementos de Máquinas de Hamrock (pp. 850) de acuerdo a las dimensiones de la cadena la tensión permisible es 3700lbf.

Factor de seguridad

Debido a que se ubican 2 cadenas en cada extremo de los subsistemas de la máquina la tensión total Pt se divide en 2.

$$\eta = \frac{P_{\text{permisible}}}{\frac{Pt}{2}} \quad (3.37)$$

Ecuación (3. 37): Factor de seguridad de la cadena

Dónde:

Ppermisible= Potencia permisible

$$\eta = \frac{3700}{\frac{9166.84}{2}} (TO)$$

$$\eta = 0.8 (TO)$$

$$\eta = \frac{3700}{\frac{8014.01}{2}} (C)$$

$$\eta = 0.92 (C)$$

Torque

$$Pt = \frac{T}{r}$$

$$T = Pt \cdot r \quad (3.38)$$

Ecuación (3. 38): Torque de la cadena

$$T = 9166.84 (0.795)(TO)$$

$$T = 7287.64 \text{ lb. in}(TO)$$

$$T = 8014.01 (2.715)(C)$$

$$T = 21758.04 \text{ lb. in}(C)$$

La longitud de la cadena es de acuerdo a lo que se necesita en cada subsistema de la máquina en el subsistema de transporte y ordenamiento se utilizan 3 juegos de cadenas, las mismas que se mueven por piñones de 14 dientes, en el subsistema de clasificación se implementan 5 juegos de cadenas que se mueven por medio de 4 catarinas, dos de cada lado de 35 dientes.

Tabla 12.- Dimensiones de la cadena

	Simbología	Dimensiones en mm
Paso	P	12,7
Ancho	H	12.7
Φ Rodillo	D	7.77
Grueso de la malla	S	1.5
Eslabones	W	12

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

3.2.5.3. PIÑONES

Los piñones son utilizados para transmitir el movimiento De todos los rodillos de las bandas transportadoras por medio de la cadena, además se utilizan para realizar el templador de la misma y transmitir el movimiento al subsistema de clasificación.

Las características de los piñones seleccionados son las siguientes:

Tabla 13.- Descripción del piñón de los rodillos

Descripción del Piñón para los ejes del rodillo	
Número de la pieza	1003-14
Numero de dientes	14
da (mm)	24.6
d (mm)	22.47
B (mm)	5
Material	Acero C43
Nº de unidades	24

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

Tabla 14.- Descripción piñón del templador

Descripción del Piñón utilizado en el Templador	
Número de la pieza	1003-14
Numero de dientes	15
da (mm)	26.2
d (mm)	24.04
B (mm)	5
Material	Acero C43
Nº de unidades	1

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

Tabla 15.- Descripción del piñón de transmisión al subsistema de clasificación

Descripción del Piñón de transmisión al subsistema de clasificación	
Número de la pieza	1003-17
Numero de dientes	17
da (mm)	29.4
d (mm)	27.2
B (mm)	6
Material	Acero C43
Nº de unidades	2

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

3.2.5.4. CATARINA

Las catarinas se mueven por medio de cadenas, estas están ubicadas a los dos lados del subsistema y entre las cuales están soldadas platinas de $\frac{3}{4}$ " y de largo 20cm, de material ASTM A50.

Las platinas están ubicadas a una distancia de 10 eslabones de la cadena, con la finalidad de que los aguacates recorran en los dos canales uno a uno por el subsistema de clasificación, para luego que caiga dentro de las compuertas a la que corresponda, el arrastre del aguacate se lo realiza por medio de una especie de manos plásticas que están remachadas dos en cada platina con remaches 3/16", a continuación se describen las características principales de las catarinas.

Tabla 16.- Descripción de la Catarina

Descripción de la Catarina	
Número de la pieza	1003-35
Numero de dientes	35
da (mm)	57.9
d (mm)	55.78
B (mm)	8
Material	Acero C43
Nº de unidades	4

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

3.2.5.5. CHUMACERAS

Se ha decidido elegir una chumacera de la marca UC204 con soporte P204 de la marca NKB. Este modelo es conveniente cuando se requiere mover sistemas de bajas revoluciones, ya que se necesita sujetar los ejes tanto de los rodillos como el eje que realiza la vibración de la rampa vibratoria que aproximadamente se mueven a 184.55 rpm, además una de las ventajas de usar las chumaceras es que se pueden lubricar y al no moverse a revoluciones muy altas no existiría un desgaste de las mismas; aproximadamente una chumacera que trabaja ocho horas a 1720 rpm, en cinco días a la semana tienen una durabilidad de 5 años, como las chumaceras a utilizarse se moverán a velocidades de aproximadamente un 10 % de lo que se mueven a su máxima velocidad, esto quiere decir que la durabilidad de las chumaceras utilizadas en la máquina para clasificar aguacates por su peso será de más de 5 años.

Se requiere una chumacera en cada extremo de los rodillos. Por lo que se tendrán 24 chumaceras de pared, y para sujetar el eje de la rampa vibratoria son dos chumaceras de piso. Las características de cada chumacera se describen a continuación

Tabla 17.- Descripción de la chumacera de pared

CHUMACERA DE PARED	
DESIGNACION	UCF 204
d (mm)	20
L (mm)	86
A2 (mm)	33.2
C (KN)	12.8
Co (KN)	6.65
Peso (Kg)	0.6

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

Tabla 18.- Descripción de la chumacera de piso

CHUMACERA DE PISO	
DESIGNACION	UCP 204
d (mm)	20
L (mm)	127
A2 (mm)	33.3
C (KN)	12.8
Co (KN)	6.65
Peso (Kg)	0.7

Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

3.2.6. MOTOR ELÉCTRICO

Según los cálculos realizados se obtiene que la potencia aproximada que debe tener el motor es de 1.5 Hp, se calcula el torque multiplicando la potencia por la

constante de conversión (716) y dividiendo para el número de revoluciones del motor.

$$T = \frac{P \times 716}{N} \quad (3.2)$$

Ecuación (3.39): Torque del motor

$$T = \frac{(1.5) \times 716}{1720}$$

$$P_1 = 0.62 \text{ Kg/m}$$

El factor de servicio del motor se obtiene de la tabla 6, sabiendo que se trata de una máquina de cargas uniformes medias, que trabajará con un motor eléctrico de 6 a 16 horas diarias

Tabla 19.- Factor de servicio C_1

Máquinas motrices	Motores eléctricos cd= 2cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm			Motores eléctricos c maxi > 2cn monocilindro < 600 rpm		
	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d	< 6 h/d	6 a 16 h/d	16 a 24 h/d
Cargas uniformes ligeras: agitadores para líquidos, bombas y compresores, centrífugos, ventiladores hasta 7.5Kw Pequeños transportadores	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Cargas uviformes medias: Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7.5Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas, Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas.	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4

Fuente: <http://www.ingemecanica.Com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>

El motor se lo selecciona en función de la potencia requerida y el número de revoluciones por minuto.

Una vez obtenidos los datos antes mencionados se procede a seleccionar el motor eléctrico, que tiene las características que se especifican a continuación.

Tabla 20.-Características del motor eléctrico

MOTOR MONOFASICO DE INDUCCIÓN	
MARCA	TECO
FRECUENCIA	60 Hz
VOLTAJE	110 V
VELOCIDAD	1720 RPM
Nº DE POLOS	4
POTENCIA	1.5 HP

Para arrancar el motor eléctrico es necesario utilizar un contactor y un relé térmico que soporta amperajes de 7 a 10 Amperios, mismos que cumplen funciones como la de arranque y protección, para evitar las sobrecargas y cortocircuitos.

3.2.7. MOTORREDUCTOR

El Motorreductor es seleccionado en relación a la velocidad que se quiere obtener en los diferentes subsistemas de la máquina clasificadora de aguacates; por tal motivo si el motor tiene una velocidad de 1720 rpm, se selecciona un

Motorreductor de relación de reducción de 1:40 lo que significa que la velocidad de salida del Motorreductor será de 43 rpm, que son las adecuadas debido a que la máquina tiene tres subsistemas en los que se utiliza la relación de transmisión por correas o cadenas lo que ocasionará que esta velocidad varíe como se observa en resultados anteriores .

3.3. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

La estructura de la máquina para clasificar aguacates por su peso ha sido dimensionada usando las simulaciones de falla estática, desplazamiento, y factor de seguridad. La forma y ubicación de los soportes que constituyen la

máquina, se han ubicado de tal forma que los esfuerzos críticamente estables sean disminuidos con apoyos o con cambios de forma y tamaño para que la seguridad de la máquina sea la mayor posible, y durante su funcionamiento no tenga ningún riesgo para el usuario, el material utilizado para el diseño de la estructura es el acero galvanizado ASTM A36 que tiene un límite de elasticidad de 207 MPa y una resistencia máxima a la tracción de 345 MPa.

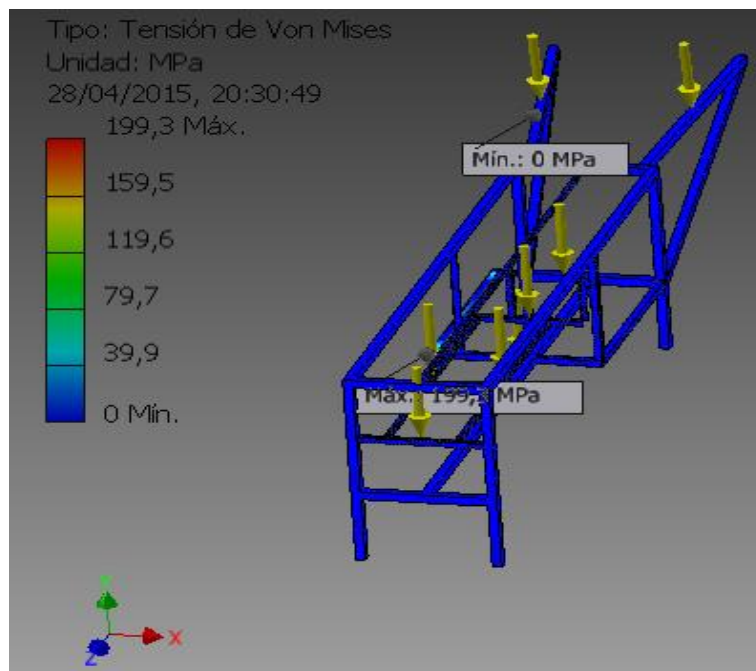


Figura 23.- Tensión de Von Mises

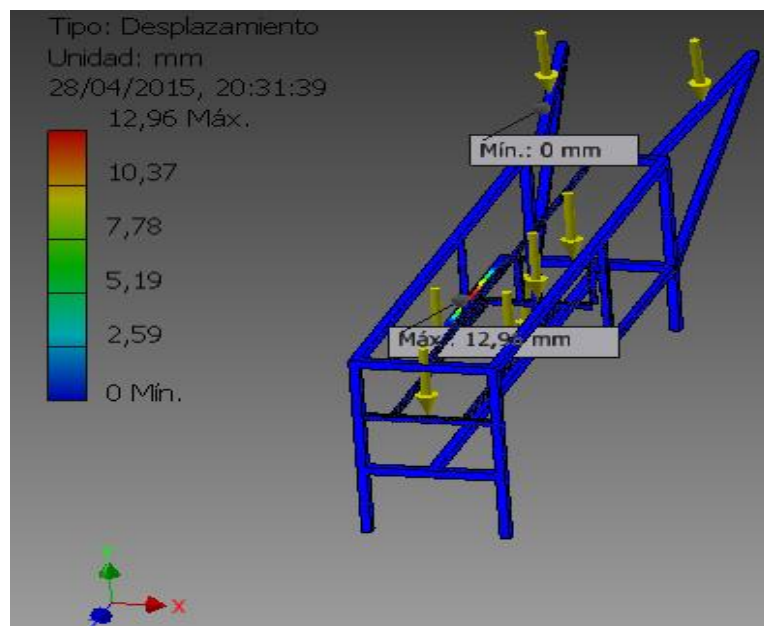


Figura 24.- Desplazamiento de la estructura

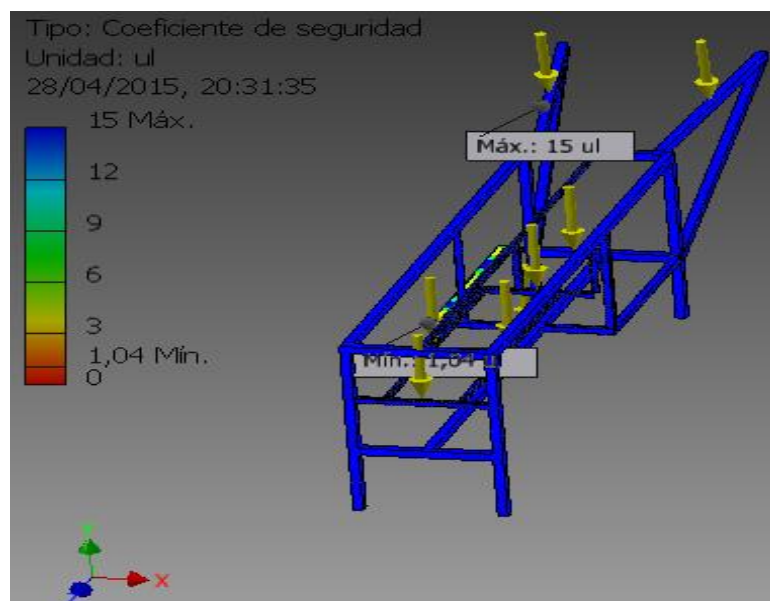


Figura 25.- Coeficiente de seguridad

Se utiliza la teoría de Von Mises como teoría de falla para encontrar los esfuerzos combinados que se tienen en la estructura de la máquina, Del informe de análisis de tensiones se encontró que la tensión de Von Mises máxima es de 199.3 MPa y la mínima 0.00 MPa, luego se compara con la resistencia a la fluencia del material, para obtener el coeficiente de seguridad máximo que es de 15 y el coeficiente de seguridad mínimo es 1.04, en el punto crítico de la estructura que es la base que sostiene el motorreductor y el tablero de control, también se obtiene una presión de contacto máxima de 77,1896 MPa.

La altura total de la máquina es de tres 80 centímetros, el ancho es de 1 metro y el largo de 3.5 metro. El informe completo del análisis de tensiones se encuentra en el anexo D.

3.3.1. SOLDADURA

En la construcción de la máquina para clasificar aguacates por el peso, se utilizaran los Electrodo AGA de 1/8 E 6011 C-13 por las siguientes características obtenidas del manual de soldadura.

- **Descripción.-** Es un electrodo con revestimiento celulósico que posee un arco muy suave y estable que lo hace de fácil aplicación. Con una remoción de escoria sin problemas, deja cordones de excelente apariencia. Es aplicable en todas las posiciones de soldadura haciéndolo muy versátil en sus aplicaciones.
- **Uso.-** Este electrodo sirve para uso general en aceros dulces, especialmente diseñado para estructuras del tipo livianas.
- **Aplicaciones Típicas.-** Marcos de ventanas, fabricación de rejas, Estanques, Estructuras livianas.
- **Procedimiento para soldar.-** Debe seguirse el mismo procedimiento utilizado para soldar un electrodo 6010 o 6011. (INDURA, 2011)⁸

En la tabla 21 se muestra la composición química del electrodo AGA 6011.

Tabla 21.-Características del electrodo

Composición química (típica) del metal depositado						
C 0,10%; Mn 0,60%; P 0,001%; S 0,02%; Si 0,20%						
Características típicas del metal depositado:						
Resultados de pruebas de tracción con probetas de metal de aporte (según norma AWS: A5. 1-19):				Requerimientos según normas AWS: A5. 1-19:		
resistencia a la tracción : 72.500 lb/pulg ² (500 MPa)				60.000 lb/pulg ² (414 MPa)		
límite de fluencia : 55.100 lb/pulg ² (380 MPa)				48.000 lb/pulg ² (331 MPa)		
Alargamiento en 50 mm : 30%				22%		
Amperajes recomendados:						
Diámetro Pulg.	Electrodo mm.	Longitud Pulg.	Electrodo mm.	Amperaje		Electrodos X Kg. Aprox.
				Min.	Max.	
3/32	2,4	12	300	50	90	70
1/8	3,2	14	350	80	130	35
5/32	4,0	14	350	120	160	25

Fuente: <http://es.slideshare.net/saulolm/manual-soldadura-catalogo-de-electrodos-jose-aller>

⁸INDURA. (12 de 01 de 2011). *SLIDESHARE*. Recuperado el 25 de 06 de 2015, de <http://es.slideshare.net/saulolm/manual-soldadura-catalogo-de-electrodos-jose-aller>

3.4. SUBSISTEMA DE CLASIFICACIÓN

Para el diseño del subsistema de clasificación, es necesario establecer los rangos de pesaje que existen entre las diferentes clases de aguacates, mismos que se pueden apreciar en la Tabla 22; hay que tomar en cuenta que los aguacates de cuarta clase no serán contabilizados debido a que en su mayoría los más comercializados son los de Primera, Segunda y Tercera clase, por tal motivo los aguacates que no entren en estos tres rangos solo se deslizaran a una bandeja para ser contabilizados por el usuario.

Tabla 22.-Rango de peso de las clases de aguacates

CLASES DE AGUACATES	RANGO DEL PESO	
	Mayor (gr)	Menor (gr)
Primera	410	270
Segunda	260	235
Tercera	220	175
Cuarta	125	75

Otro aspecto a considerar es la cantidad de aguacates que se van a clasificar por día, tomando en cuenta que las horas laborables son de ocho.

En este caso los comerciantes adquieren de 15000 a 20000 aguacates diarios, siendo la cantidad más común la más baja ya que depende de la temporada para que se llegue a la cantidad más alta de producción. A continuación se describe el sistema de control implementado en este subsistema.

3.4.1. SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control permitirá realizar la clasificación de los aguacates y el encendido de la máquina, este será un control de lazo cerrado, debido a que existe retroalimentación, lo que significa que la salida actual es comparada con la respuesta deseada.

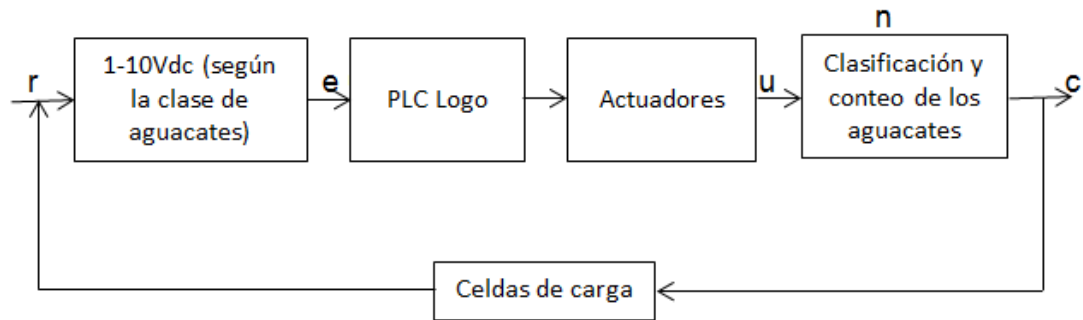


Diagrama 3.- Control de la máquina clasificadora de aguacates

3.4.1.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Una vez energizada la máquina con un voltaje de 110 VAC, se espera la operación de encendido/ apagado.

Al presionar el botón de encendido el motor empieza su funcionamiento y por ende todos los subsistemas que componen la máquina como son el de alimentación, transporte y ordenamiento y clasificación.

El subsistema en el que interviene el control, es en el de clasificación de los aguacates, en el cual se tiene:

- Dos celdas de carga.
- Controlador Lógico Programable (PLC Logo).
- Motores pequeños (actuadores apertura de compuertas)
- Sensores de posición inductivos.
- Contadores
- Fuente de poder
- Circuito de acondicionamiento de la señal de las celdas de carga

Una vez que los aguacates pasen por el subsistema de transporte y ordenamiento, estos se dirigen al subsistema de clasificación, donde en cada canal estará colocada una celda de carga, mismas que enviarán la señal al circuito de acondicionamiento para convertirla en una señal normalizada de 0 a 10 Voltios necesaria para ingresar al controlador (PLC Logo), en el cual por medio de la programación se establecerán a qué clase de aguacates pertenece cada uno, además por medio de un sensor de presencia se definirá la posición en la que se encuentra el aguacate, con la finalidad de activar los actuadores

en el momento adecuado, en este caso motores pequeños que con un sistema mecánico abrirán y cerraran las compuertas que corresponda según sea el caso.

Además por medio de sensores y la señal de activación de los actuadores se realizara el conteo por medio de tres contadores que permitirán saber la cantidad de aguacates existentes en cada clase ya sea esta de primera, segunda o tercera; en los aguacates de cuarta clase no es necesaria la colocación de un contador ya que la cantidad de aguacates que pertenecen a esta clase es mínima.

3.4.1.2. FLUJOGRAMA DEL SISTEMA DE CONTROL

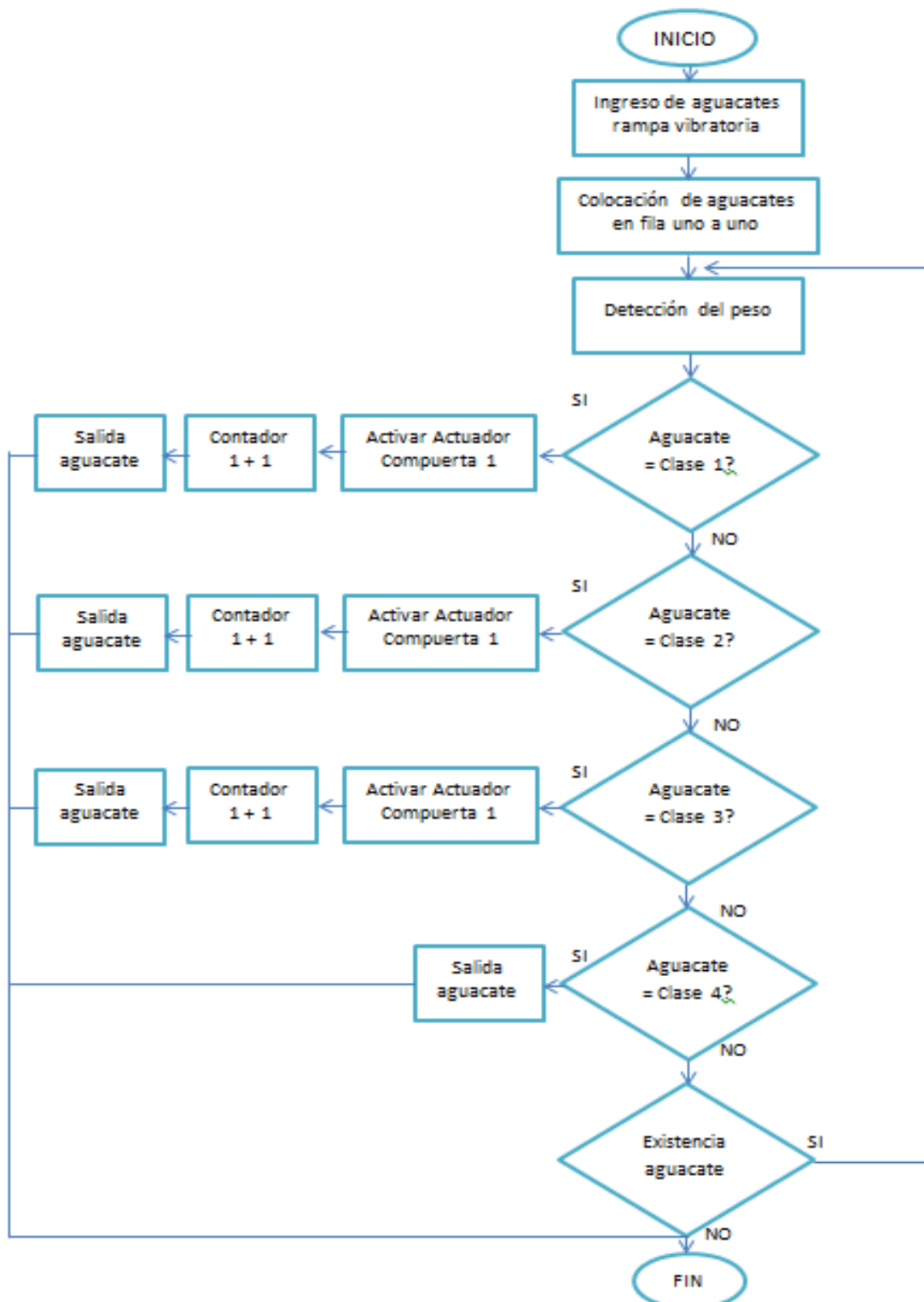


Figura 26.- Flujograma del sistema de control

3.4.2. CELDAS DE CARGA

Para definir la celda de carga que se utilizará, se debe tomar en cuenta los rangos de trabajo, el material a pesar y si se colgara de una estructura o se apoyara sobre la misma. Debido a que el peso de los aguacates es en gramos y el pesaje de estos se lo realizara apoyándolos sobre la celda de carga, se seleccionó la celda de carga tipo barra TSP-5KG, que se muestra en la figura 27.

Esta celda es de un punto y se utilizan en pequeñas escalas, como joyas, o balanzas de cocina, existen celdas de máximo 100g hasta celdas de máximo 50kg. Esta se monta por medio de pernos hacia abajo en cada extremo de la celda de carga, donde los cables se unen. Donde se aplica la fuerza, no es una zona crítica, ya que esta celda de carga mide un efecto de elasticidad sobre la viga, no la flexión de la viga. De tal manera que si se monta una pequeña plataforma en la celda de carga, como se haría en una pequeña escala, esta celda proporcionaría lecturas precisas, independientemente de la posición de la carga en la plataforma. (5 Hertz Electrónica, 2014)⁹



Figura 27.- Celda de carga TSP-5KG

La celda de carga seleccionada tiene una capacidad máxima de 5 Kg y una resolución de 2 mV/1 gr, cuando este sensor se encuentra a plena carga genera una señal de 10 mV que deben ser acondicionados por medio de amplificadores para que la señal sea normalizada y trabajar con el PLC LOGO.

⁹ Hertz Electrónica. (08 de 04 de 2014). *Celdas de carga*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://5hertz.com/tutoriales/?p=690>

La forma de conectar estas celdas de carga se especifican en la siguiente tabla.

Tabla 23.- Conexiones de la celda de carga

Color del cable	Rojo	Blanco	Negro	Azul
SEÑAL	(+) Input Alimentación	(+) Output Señal	(-) Input Alimentación	(-) Output Señal

3.4.2.1. ACONDICIONAMIENTO DE LA CELDA DE CARGA

Para efectuar el acondicionamiento de las celdas de carga, se utilizarán dos circuitos electrónicos iguales a los circuitos de acondicionamiento de la celda de carga empleados en el Proyecto de titulación de la universidad Técnica del norte, Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50 kg. Realizado por el Ingeniero Luis Rosero, en el 2013. Debido a que estos circuitos son estables y a la salida se obtiene el voltaje que admite el controlador, Los rangos de peso de la celda de carga son de 0 a 500 gr, la variación en mili voltios es de 1mv a 7.5 mv, entonces el voltaje que se debe generar para ingresar la señal al PLC debe ser normalizado es decir de 0 a 10 VDC, además en estos circuitos se utiliza un amplificador operacional que permite que los resultados de amplificación sean lineales, a continuación según (Rosero, 2013) se detallan características de los amplificadores industriales utilizados.

(...) Por la gran gama de tipos de amplificadores existentes en el mercado electrónico, se investigó los amplificadores que pueden ser utilizados, y se seleccionó el integrado AD822, que es un amplificador de instrumentación de bajo costo, alta precisión y recomendado para aplicaciones de sistemas de adquisición de datos e interfaz de transductores, (...) (Rosero, 2013)¹⁰

¹⁰ Rosero, L. (2013). Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50 kg. Ibarra: Universidad Técnica del norte, Proyecto de titulación

3.4.3. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Un controlador lógico programable es un dispositivo industrial, que se utiliza para la automatización de los procesos electromecánicos, también se puede utilizar para controlar máquinas en líneas de montaje de fábrica, juegos mecánicos, o aparatos de iluminación y de otras instalaciones.

El dispositivo seleccionado es el PLC LOGO! 12/24 RC Siemens que será el encargado de controlar todo el proceso de clasificación de los aguacates y las razones por las que se lo selecciono son:

- Rapidez de respuesta.
- Mayor facilidad en el control de procesos complejos.
- Confiable y seguro para efectuar los procesos necesarios.
- Por sus dimensiones emplea poco espacio.
- Fácil instalación.
- Menor consumo de energía
- Poco mantenimiento.
- Menor tiempo en la elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones en el software sin elevar costos.
- Menor costo de instalación, operación y mantenimiento.
- Es posible controlar varios actuadores con el mismo autómeta

3.4.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL LOGO! 12/24 RC

En la tabla 24 se muestran las principales características del PLC seleccionado.

Tabla 24.- Características PLC LOGO! 12/24V DC

CARACTERÍSTICAS	LOGO! 12/24 RC
Tensión de alimentación	12/24 V DC
Rango admisible	10,8 a 28,8 V DC
Protección contra inversión de polaridad	Si
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC 	<ul style="list-style-type: none"> • 60 a 175 mA • 40 a 100 mA
Reloj en tiempo real	Si
Precisión del reloj en tiempo real	Típ. ± 2 s / día
Temperatura ambiente	0 a 55 °C
Entradas digitales	8
Entradas analógicas	4
Salidas digitales	4
Tipo de salida	Relé
Aislamiento galvánico	Si
Corriente permanente	Máx. 30 A
Protección contra corto circuito	Requiere protección externa
Tensión de entrada L+: <ul style="list-style-type: none"> • Señal 0 • Señal 1 	<ul style="list-style-type: none"> • <5 V DC • > 8.5 V DC

Fuente: Manual de Producto LOGO! de Siemens

3.4.4. MÓDULO DE EXPANSIÓN LOGO! DM8 12/24R

Es necesaria la implementación del módulo de expansión de salidas digitales debido a que son seis compuertas las que serán activadas, además se realiza el encendido y apagado del motor y las luces piloto del gabinete de control, por lo tanto se necesitan ocho salidas digitales y el PLC LOGO incorpora solo cuatro salidas.

El módulo DM8 12/24R es una expansión del controlador LOGO! En el anexo E se observa la estructura del PLC LOGO así como también el módulo digital DM8.

En la tabla 25 se indican las características generales del módulo de expansión digital DM8.

Tabla 25.- características generales del módulo de expansión DM8

CARACTERISTICAS	LOGO! DM8 12/24R
Fuente de alimentación	
Tensión de entrada	12/24 V DC
Rango admisible	10.8... 28.8 V DC
Consumo de corriente <ul style="list-style-type: none"> • 12 V DC • 24 V DC 	<ul style="list-style-type: none"> • 30 ... 140 mA • 20 ... 75mA
Entradas Digitales	
Número	4
Salidas digitales	
Número	4
Tipo de Salida	Relé
Frecuencia de conmutación	
Mecánica	10 Hz

Fuente: Manual de Producto LOGO! de Siemens

3.4.5. FUENTE DE PODER LOGO! POWER 24 VDC

LOGO! Power 24 VDC es una fuente de alimentación con control primario, especialmente diseñada para equipos LOGO! Que tienen una entrada de alimentación de 85 a 264 V AC con una salida de 24 V DC y con fácil instalación en los cuadros de distribución pequeños. Esta fuente es utilizada para suministrar la energía eléctrica al PLC LOGO y el módulo de expansión de

salidas digitales, además alimenta a los contadores y sensores inductivos del sistema.

En la tabla 26, se muestran las principales características de la fuente de poder LOGO! POWER 24 VDC

Tabla 26.- Características de la fuente de poder LOGO! POWER 24 VDC

CARACTERÍSTICAS	LOGO! POWER 24 VDC
Tensión de Entrada	100 A 240 V AC
Rango Admisible	85 a 264 V AC
Frecuencia de Red Admisible	47 a 63 Hz
Compensación de Fallos de Tensión	40 ms (a 187 V AC)
Intensidad de Entrada	1,22 a 0,66 A
Protección del Dispositivo	Interna
Tensión de Salida	24 V DC
Intensidad de Salida	2,5 A
Eficiencia	> 87%
Conectable en paralelo para aumentar la potencia	Sí
Rango de Temperatura Ambiente	-22° a 55° C
Montaje	Soporte de 35 mm
Peso Aprox.	0,3 Kg
Dimensiones (ancho x alto x prof.)	72 x 90 x 55 mm

Fuente: Manual de Producto LOGO! de Siemens

3.4.6. FUENTE DE PODER CPU

Una fuente de poder es un dispositivo electrónico que permite convertir el voltaje de la red de suministro de 110 VAC, en una o varias tensiones y diferentes voltajes a utilizarse, esta fuente es necesaria para el funcionamiento del circuito de acondicionamiento de la celada de carga que se va a utilizar.

Para ello se emplea una fuente de un computador, como la que se indica en la figura 28, debido a que sus voltajes de salida son los que se indica en la tabla 27 y son muy estables y estos son los que se necesita en los circuitos de acondicionamiento de las celdas de carga.



Figura 28.- Fuente de poder ± 5 v y ± 12 v

Tabla 27.- Características fuente de poder

AC INPUT		155/230 V			50/60 Hz		
DC OUTPUT		+5 v	+12 v	+3.3 v	SB +5 v	-5 v	-12 v
Color		Rojo	Amarillo	Naranja	Blanco	Azul	Café
Potencia	300 w	25 A	11 A	10 A	1 A	0.5 A	0.5 A

3.4.7. SENSOR INDUCTIVO

“Los sensores de proximidad inductivos incorporan una bobina electromagnética la cual es usada para detectar la presencia de un objeto metálico conductor. Este tipo de sensor ignora objetos no metálicos” (E., Carlos)¹¹



Figura 29.- Sensor Inductivo

¹¹ E., Carlos. (s.f.). *Sensores Inductivos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de Sensores Inductivos: http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_4_SENORES_INDUCTIVOS.PDF

En la máquina clasificadora de aguacates por el peso, estos sensores son utilizados tanto para realizar el conteo de los aguacates que existen de cada clase, enviando la señal de censado a los respectivos contadores; así como también para conocer la posición en la que se encuentran los mismos, por medio de la programación y el control del proceso del PLC LOGO. No se seleccionan los sensores capacitivos, debido a que la distancia de censado es muy corta, por lo que los aguacates podrían golpearlos y así causar daños en los mismos.

3.4.8. CONTADORES

Los contadores utilizados, permiten visualizar la cantidad de aguacates existentes de cada clase, estos son contadores industriales de cuatro dígitos mostrados en la siguiente figura, los mismos se alimentan con una señal de 12 a 24 V DC; y se activan con la señal de transistor que envían los sensores inductivos al detectar el material ferroso al que están sujetas las manos de empuje, este parámetro en combinación con la activación de los actuadores controlados por medio del PLC permiten realizar el conteo de los aguacates.



Figura 30.- Contador Industrial

Fuente: Datasheet contador Industrial sestoss

3.4.9. PROCESO DEL PESADO DE LOS AGUACATES

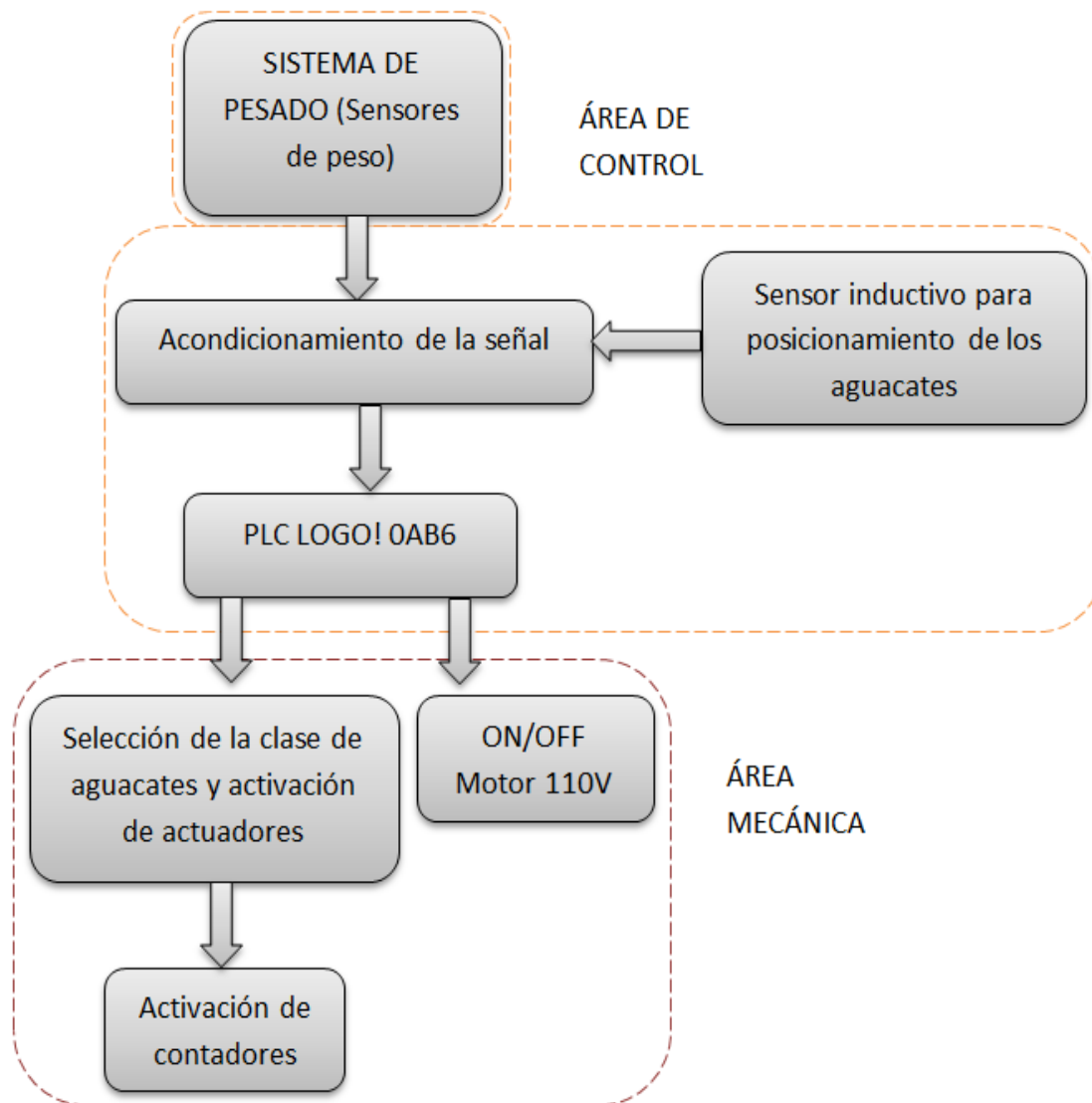


Diagrama 4.- proceso del pesado de los aguacates

CAPÍTULO 4

MONTAJE Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1. PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN

Los elementos que componen la máquina clasificadora de aguacates, algunos se construyeron y otros se compraron. En el caso de los construidos, la base fue el diseño de ingeniería mecánica, seguido por aspectos importantes de dibujo técnico que se han aplicado en los planos realizados con el programa de diseño digital SolidWorks.

En cuanto a los elementos comprados ha sido necesario determinar las especificaciones técnicas requeridas para que sea una máquina clasificadora de aguacates por el peso eficiente.

Una vez determinados todos los elementos, estos deben ser ensamblados de manera ordenada, por ello se detallan en este capítulo los aspectos más importantes de la construcción y del ensamblaje para que esta información sirva de guía a futuro.

Una vez que se cumple con la construcción de la máquina clasificadora de aguacates se realizaron pruebas que sirvieron para detectar fallas de fabricación o fallas en el proceso de calificación de los aguacates, en base a estas se pudo corregir y mejorar el funcionamiento de la misma.

Es de vital importancia mencionar que antes de poner en funcionamiento la máquina, las personas encargadas de operarla deberán leer el manual del usuario, en el que se explicará la forma adecuada de trabajar con este sistema.

Además se debe cumplir con el mantenimiento correspondiente, mismo que debe brindar seguridad al usuario y ayudar a mantener la vida útil del equipo.

Para la fabricación de la máquina para clasificar aguacates por su peso serán necesarios los siguientes equipos que se muestran a continuación con las designaciones de cada una de las herramientas, máquinas herramientas e

instrumentos de medición, para efectuar la representación en un diagrama de construcción de cada uno de los sistemas que constituyen el sistema.

Tabla 28.- Designación de los Tipos de Instrumentos Herramientas y Máquinas

CÓDIGO	HERRAMIENTA	TIPO
H	Brocas	Herramientas
	Esmeril	
	Remachadora	
	Cierra de arco	
	Machuelos	
	Llaves	
	Prensa de mesa	
	Limas	
I	Escuadra	INSTRUMENTOS
	Calibrador (pie de rey)	
	Nivel	
	Flexómetro	
	Martillo	
M1	Esmeril	MÁQUINAS HERRAMIENTAS
M2	Taladro de banco	
M3	Dobladora	
M4	Amoladora	
M5	Torno	
E1	Equipo de suelda eléctrica	
E2	Equipo de pintura	

A continuación se detallan las operaciones técnicas necesarias para la construcción de la máquina para clasificar aguacates por su peso.

Tabla 29.- Operaciones Técnicas

NÚMERO	OPERACIÓN
1	Medición
2	Corte del material
3	Esmerilado y/o Amolado
4	Soldado
5	Torneado
6	Doblado
7	Taladrado
8	Atornillado
9	Remachado
10	Machuelado

Las Herramientas Manuales utilizadas en el proceso son las siguientes:

- Juegos de llaves (hexagonales, de boca y corona)
- Destornilladores planos y de estrella
- Martillo
- Flexómetro
- Escuadras
- Señaladores
- Cierra de mano

4.1.1. ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El proceso de construcción de cualquiera de los elementos que constituyen la máquina cumple con la siguiente secuencia:





- Adquisición de la materia prima.
- Trazar sobre la materia prima.

- Ejecutar los procesos tecnológicos de acuerdo a lo establecido en los planos
- Verificar las dimensiones.
- Ensamblaje.

4.1.2. DIAGRAMA DE FLUJO DE CONSTRUCCIÓN

En la tabla 30 se muestra la simbología utilizada para el diagrama de flujo para la construcción de la máquina clasificadora de aguacates por el peso.

Tabla 30.- Simbología estándar para diagramas de flujo

ACTIVIDAD	SIMBOLOGÍA
Operación: Indica las principales fases del proceso.	
Inspección: verifica la cantidad o calidad de algo	
Traslado: Indica el movimiento de los materiales	
Término de proceso: Indica el término del proceso.	

Fuente: Chamorro, D. (Junio de 2012). Construcción de una máquina secadora de pellets de balanceado

(Chamorro, 2012) A continuación se detalla el proceso tecnológico necesario para la construcción de cada subsistema que compone la máquina, las dimensiones se podrán observar en los respectivos planos.

4.1.3. CONSTRUCCIÓN DE LOS SUBSISTEMAS

El material utilizado para la construcción de los elementos de la máquina, es el acero Galvanizado ASTM A-36 por las siguientes razones:

- Larga duración, en ambientes hostiles, debido a la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados a los productos y artículos de hierro y acero.
- Mantenimiento innecesario, por la elevada duración de la protección que proporcionan los recubrimientos galvanizados.

- Bajo costo, en comparación al acero inoxidable.
- Fácil de soldar, ya que los diferentes elementos que constituyen una construcción de piezas galvanizadas, pueden unirse fácilmente mediante los mismos procedimientos de soldadura que se utilizan normalmente para el acero. La única precaución a tener en cuenta es adecuar la técnica operatoria y los parámetros de soldadura en condiciones particulares.

Lo primero que se realizó, es la sujeción de los soportes que resistirán el peso y las vibraciones de toda la máquina con la suelda, mismos que están compuestos por tubos cuadrados de 4mm de espesor y ángulos para realizar la base que soporta al motorreductor y al tablero de control. En este proceso la nivelación de la estructura es de gran importancia para un correcto funcionamiento. Una vez armada la estructura de la máquina se procede a construir los elementos que constituyen cada subsistema.

4.1.3.1. SUBSISTEMA DE ALIMENTACIÓN

Para la construcción de este subsistema, se construye primero la base, que debe tener una inclinación de 10° de modo que se aproveche el peso del aguacate y la vibración, luego se procede a elaborar la rampa, misma que tiene en su superficie una alfombra plástica para evitar que los aguacates se estropeen con los pernos colocados para sujetar la rampa con el mecanismo construido para efectuar la vibración horizontal, y así abastecer al siguiente subsistema con los aguacates de una forma sincronizada y ordenada. En el diagrama 5 y en la figura 31 se describe el proceso más detalladamente.

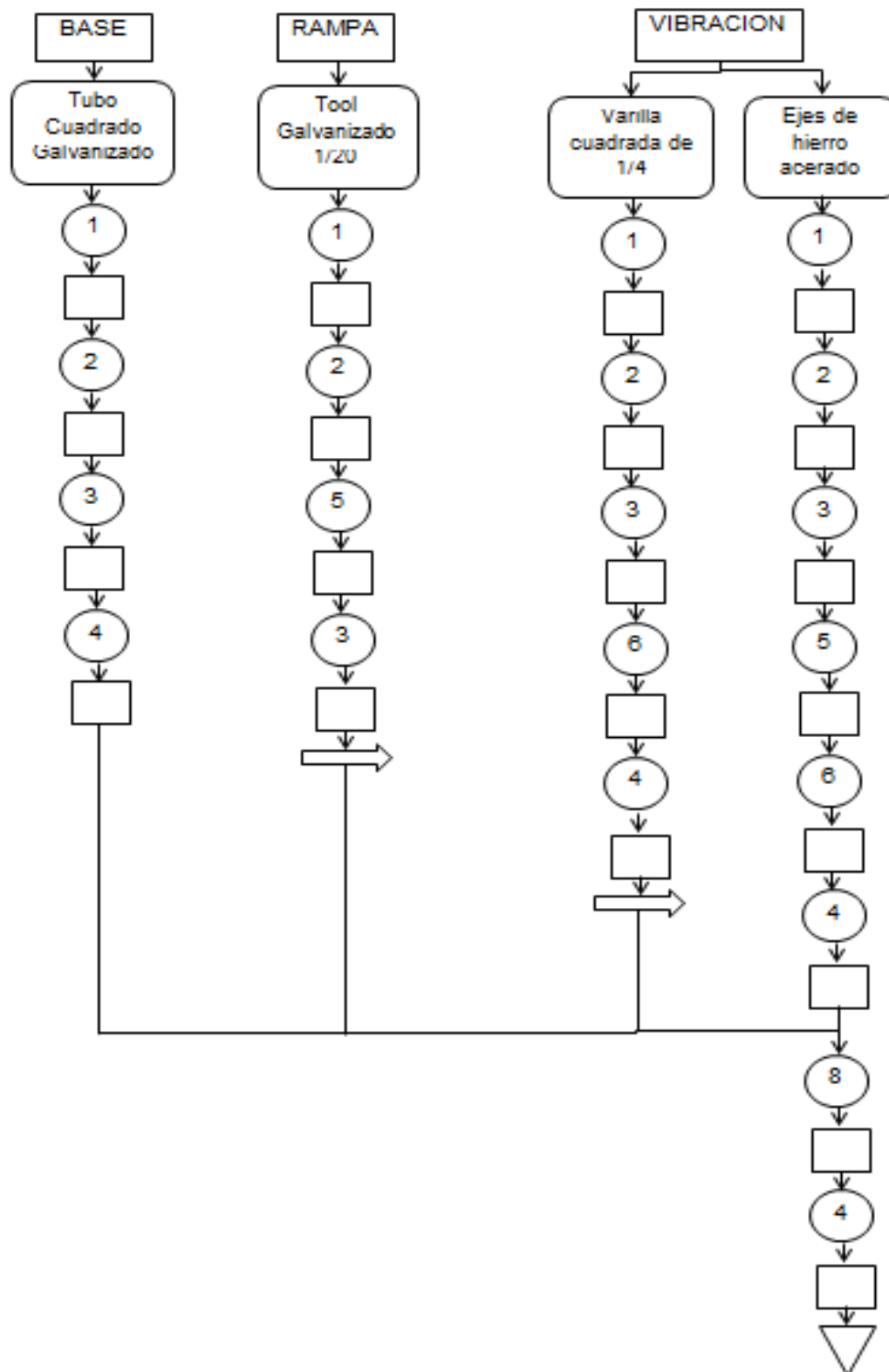


Diagrama 5.-Construcción del subsistema de Alimentación



Figura 31.- Construcción subsistema de Alimentación

4.1.3.2. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO

Este subsistema contiene al motorreductor y el tablero de control, por lo que es necesario que una vez que esté construida la estructura de la máquina se proceda con la elaboración de las bases para estos dos dispositivos y realizar su respectivas instalaciones mecánicas y eléctricas, luego se construyen los rodillos que están hechos con varillas y tubos redondos soldados entre sí por medio de una rodela, para luego ser sujetados a las chumaceras y a los piñones para efectuar su movimiento, una vez realizado este proceso se colocan las bandas transportadoras a los dos lados y se realizan las cubiertas, la una es la división que está soldada y remachada en la mitad de las dos bandas para separar a los aguacates en dos canales, y las otras son las tapas que están colocadas a los lados de los rodillos cubriendo a las chumaceras, esto con la finalidad de dar seguridad al usuario para que pueda realizar la pre clasificación manual de los aguacates que se encuentren en mal estado sin

riesgos de accidentes, además como las cubiertas de los lados están empernadas, cuando sea necesario realizar el respectivo mantenimiento de los sistemas que transmiten el movimiento, únicamente se las desemperna y se las retira, para una mayor facilidad del proceso de lubricación. A continuación en el Diagrama 6 se detalla el proceso de construcción de una forma más detallada.

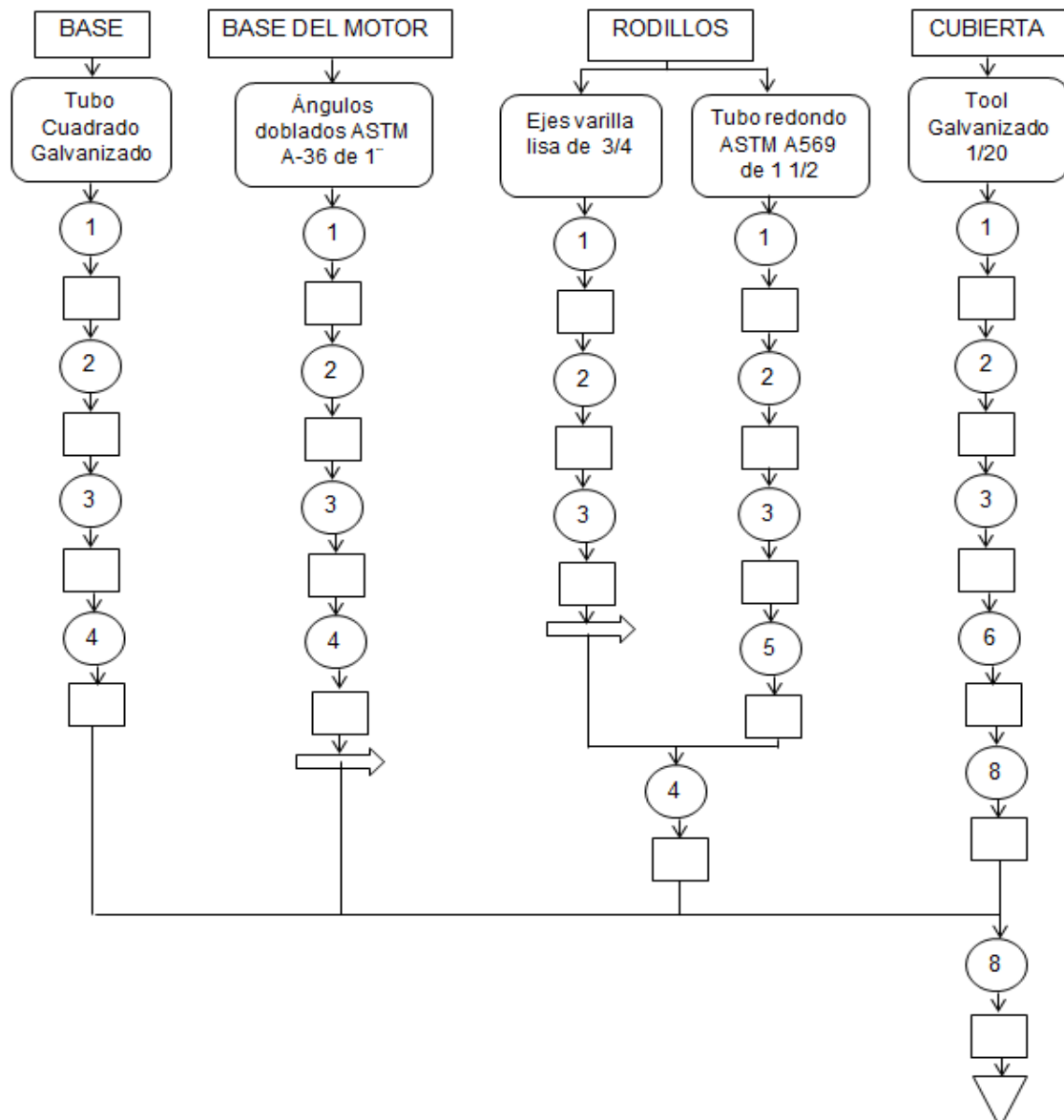


Diagrama 6: Construcción del subsistema de transporte y ordenamiento



Figura 32.- Construcción del subsistema de Transporte y Ordenamiento

4.1.3.3. SUBSISTEMA DE TRANSPORTE Y ORDENAMIENTO

El proceso se inicia con la construcción de las compuertas y del sistema utilizado para abrirlas y cerrarlas según sea el caso, este sistema se mueve 90 grados para efectuar este proceso y consiste en un juego de engranes que se mueven con un motor pequeño, esto está controlado con el PLC LOGO, dependiendo de la señal que envían las celdas de carga que también se ubican en esta plataforma de clasificación; luego se manufacturan las canastillas plásticas en forma de arco que serán las encargadas de transportar a los aguacates a través de toda la mesa, para realizar el movimiento de las mismas se emplean cuatro catarinas colocadas dos a cada lado, con rulimanes que están dentro de ejes soldados a la estructura, en las catarinas se colocan las cadenas con sus respectivos templadores, entre las cadenas se sueldan las platinas a los dos lados, en las que se remachan las canastillas plásticas.

Además en este subsistema se colocan las balanzas que están ubicadas al inicio de los dos canales, estas envían las señales al controlador que es el encargado de activar o desactivar los actuadores, también se construyen las salidas de los aguacates que tienen una inclinación para que el aguacate una vez que sea clasificado se deslice por medio de las mismas y caiga a la bandeja que se encuentra en cada salida de cada clase de aguacates, al igual que en el anterior subsistema se construyen las cubiertas, la una para dividir los canales de clasificación en la mitad y las otras para protección del usuario que son tapas empernadas a los dos lados de la máquina, para una mayor facilidad del proceso de mantenimiento, en la tapa derecha de la máquina se ubican los contadores digitales que se activan por medio de sensores inductivos cada vez que ingrese un aguacate de cada clase. A continuación en el Diagrama 7 se detalla el proceso de construcción de una forma más detallada.

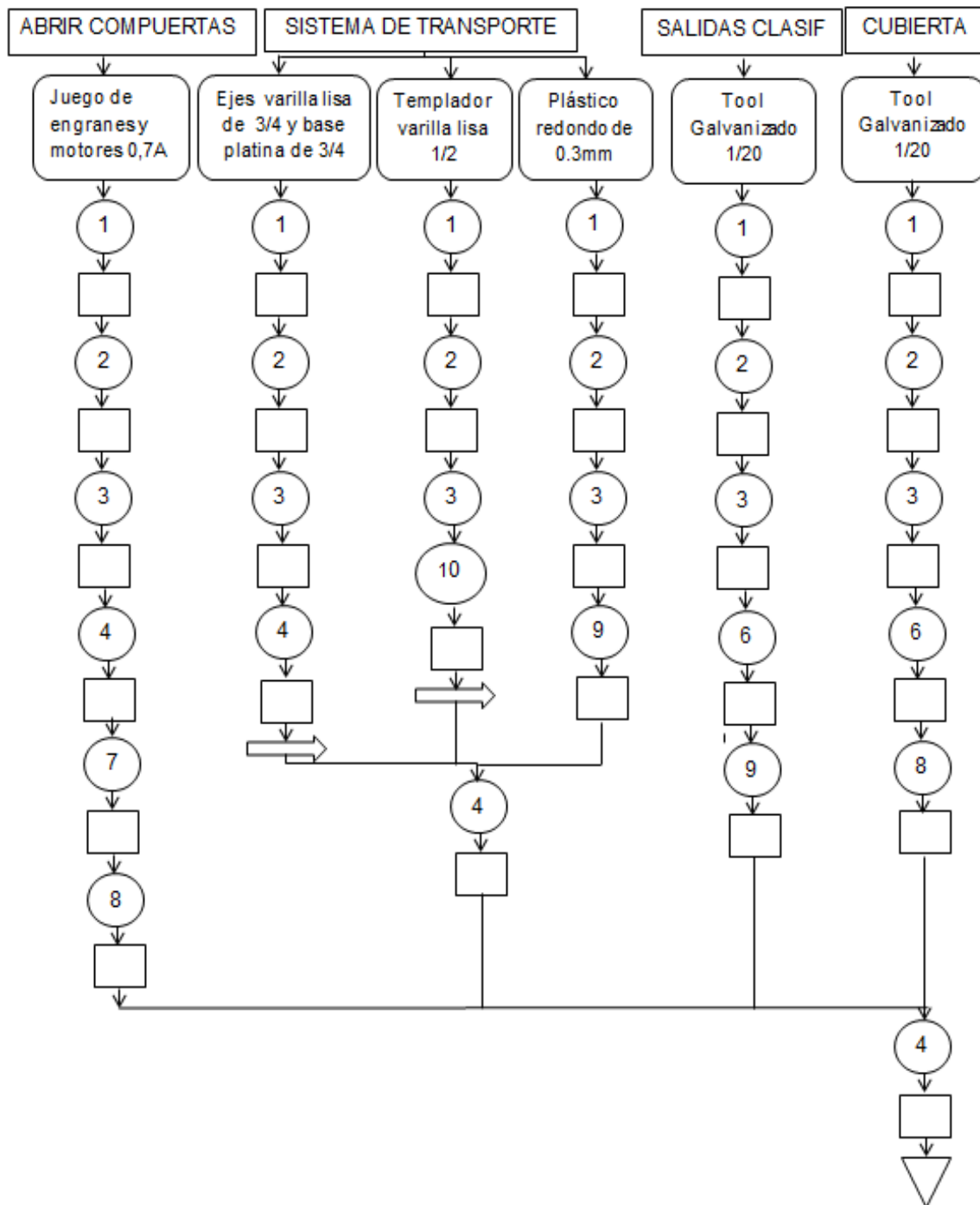


Diagrama 7: Construcción del subsistema de Clasificación

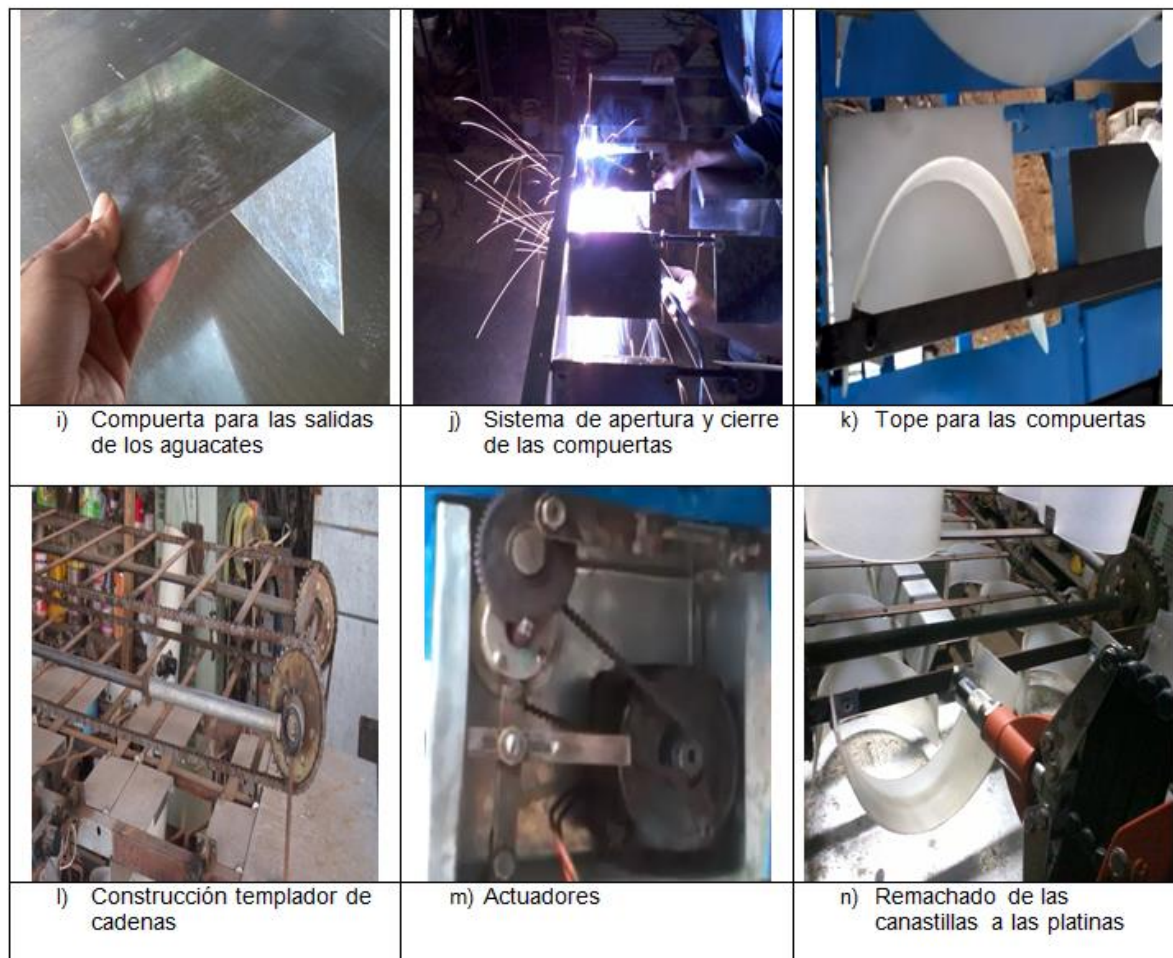


Figura 33.- Construcción del subsistema de Clasificación

4.1.3.4. TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

Para realizar la transmisión de movimiento a todos los subsistemas, primero se construyen los ejes, a estos se acoplan los mecanismos que transmiten el movimiento, haciendo una reducción de la velocidad inicial que es entregada por el motor, para mover todos los subsistemas se emplean poleas, piñones, chumaceras, rulimanes, catarinas y cadenas, todas estas trabajan en conjunto para dar la velocidad adecuada a cada subsistema de la máquina. A continuación en el diagrama 8 se detalla el proceso.

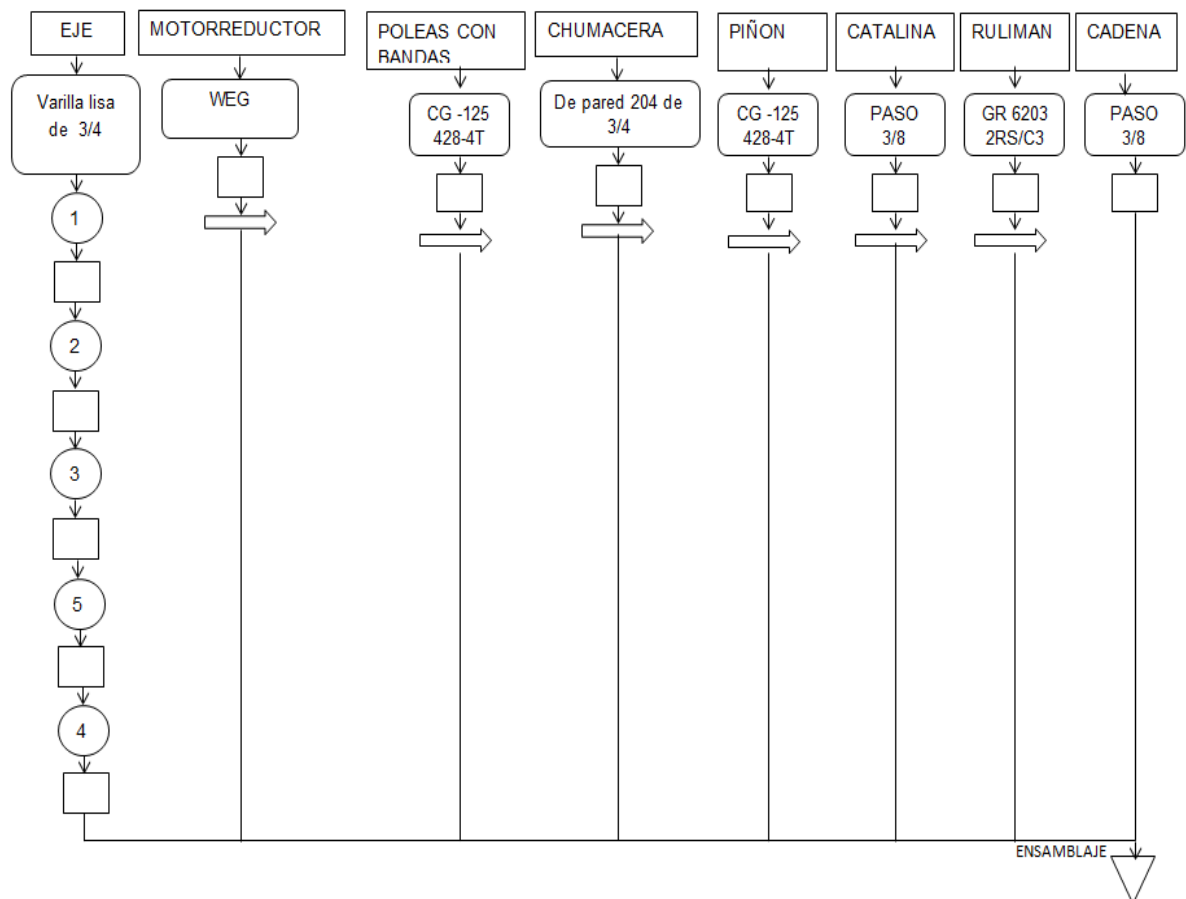


Diagrama 8: Construcción de la transmisión de movimiento

4.1.3.5. TABLERO DE CONTROL

Para la construcción del tablero de control primero se realiza la adquisición de los materiales, luego se procede a armarlo pero antes se establece un previo dimensionamiento de donde debe ir cada pieza, en esta parte se realizó la construcción de los circuitos de acondicionamiento de las celdas de carga, y finalmente se realizan las respectivas conexiones eléctricas de todo el sistema de control con los componentes a controlar de toda la máquina, para realizar las respectivas pruebas, el tablero de control cumple con las normativas pertinentes ya que los cables tienen sus respectivos terminales y las marcas que indican a que componente va conectado cada cable, el plano de las conexiones del tablero de control se encuentra en el Anexo G de este documento. A continuación se detalla más claramente la construcción del tablero de control en el diagrama 9.

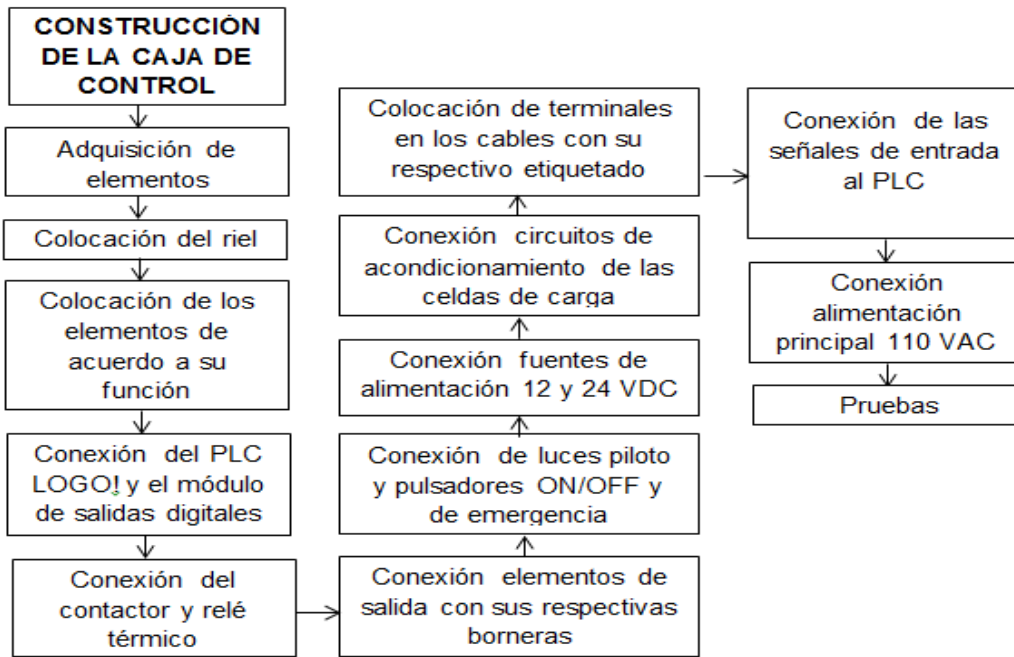


Diagrama 9: Construcción del tablero de control

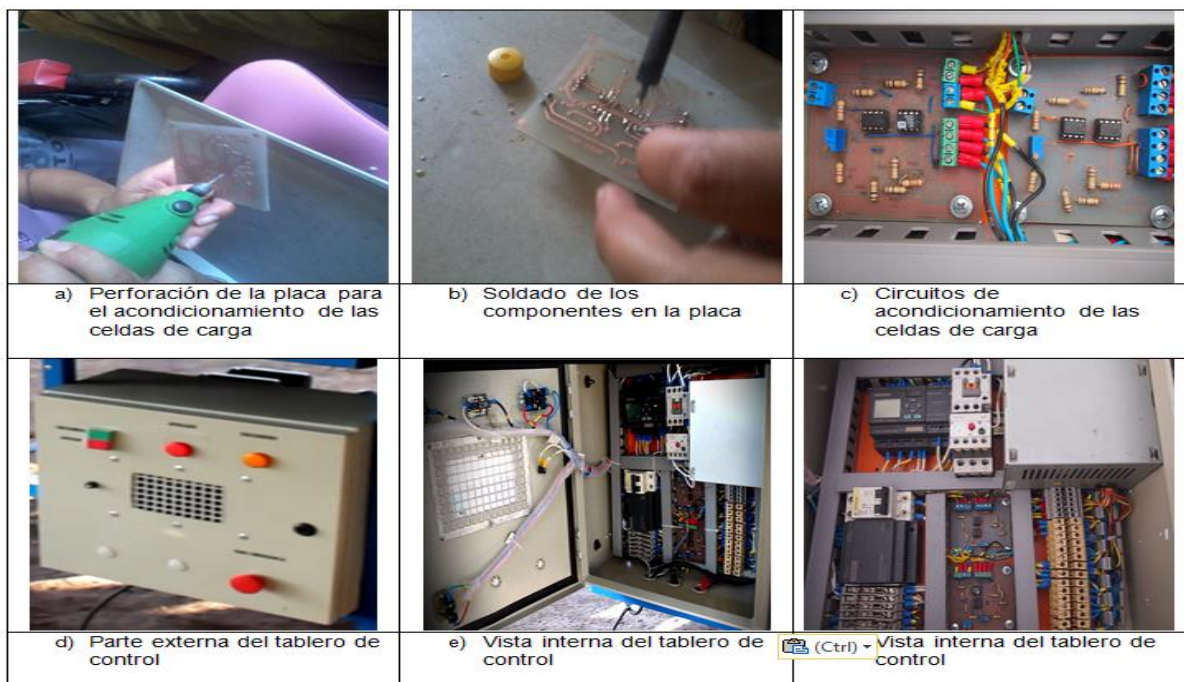


Figura 34.- Construcción del tablero de control

4.1.4. ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA

Cada subsistema se fue armando sobre la estructura mientras se lo iba construyendo, para ensamblar la mayoría de componentes en la máquina se utilizó la suelda para que dichos componentes queden totalmente fijos, pero en

sistemas que no era conveniente la utilización de la suelda ya que ocasionaría daños en las piezas se procedió a remachar las mismas, en los componentes que se necesitaba que sean desarmables, esto con la finalidad de a futuro darles su respectivo mantenimiento únicamente se utilizó pernos o tornillos según sea el caso. Una vez armada la máquina se procede con la implementación del tablero de control con las respectivas instalaciones eléctricas, teniendo cuidado con el tipo de voltaje que se conecta ya que existen componentes que se alimentan con voltaje en corriente continua y voltaje en corriente alterna, luego de revisar las instalaciones eléctricas se proceden a hacer las pruebas de funcionamiento para determinar si la máquina cumple con los objetivos planteados, una vez realizadas las pruebas se procede a dar los acabados finales que son los de pulido y pintado como se muestra en la figura 35.



Figura 35.- Máquina para clasificar aguacates por su peso

4.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.2.1. PRUEBAS REALIZADAS CON LAS CLASES DE AGUACATES

Para verificar que el sistema de control está pesando los aguacates según los pesos establecidos a la clase, es necesario realizar esta prueba para las cuatro clases de aguacates que se van a clasificar, ya que el porcentaje de error no debe sobrepasar el 5 %.

Las clases de aguacates a comprobar son los de primera, segunda, tercera y cuarta respectivamente, se toma 5 muestras de cada clase

Tabla 31.- Resultados de los pesos establecidos en el PLC

4.2.2. PRUEBA DE AGUACATES CLASIFICADOS EN UNA HORA

Para determinar si se cumple o no con lo estipulado en el anteproyecto, se

PESOS ESTABLECIDOS PLC	PESOS ESTABLECIDOS				ERROR
	PRIMERA (≥ 270)gr	SEGUNDA ($<270 \wedge \geq 235$)	TERCERA ($<270 \wedge \geq 235$)	CUARTA ($<270 \wedge \geq 235$)	
PRIMERA					
365	X				0
270	X				0
410	X				0
315	X				0
295	X				0
SEGUNDA					
250		X			0
258		X			0
248		X			0
245		X			0
238		X			0
TERCERA					
230			X		0
220			X		0
174				X	1
244			X		0
215			X		0
CUARTA					
170				X	0
140				X	0
150				X	0
160				X	0
174				X	0
TOTAL ERROR					1
MARGEN DE ERROR (%)					5

realiza la toma del número de aguacates clasificados en una hora para al final saber cuántos aguacates se clasifican en 8 horas diarias de trabajo, el número variara de acuerdo a la rapidez con la que se abastezca de aguacates a la máquina.

Con esta prueba se sabrá si la máquina es eficiente para ser implementada al sistema de clasificación de aguacates.

Tabla 32.- Resultados de la cantidad de aguacates clasificada en ocho horas

PRUEBAS	Hora inicio	Hora fin	Nº de aguacates unidades
1	8:00	9:00	2401
2	9:00	10:00	2398
3	10:00	11:00	2400
4	11:00	12:00	2406
5	12:00	13:00	2399
6	13:00	14:00	2405
7	15:00	16:00	2395
8	16:00	17:00	2399
Total de unidades clasificadas en 8 horas			19203

4.3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Según los resultados se muestra que la cantidad de aguacates a clasificarse en ocho horas de trabajo es de 19203 aguacates, con esto se ha logrado superar la cantidad estipulada en el ante proyecto, que fue de 11000 aguacates; además los comerciantes en la temporada más alta clasifican hasta 20000 aguacates en ocho horas, pero para ello es necesario que trabajen cinco personas en el proceso, uno para sujetar los sacos y las otras cuatro realizan la selección del producto, en cambio con la máquina para clasificar aguacates por su peso se llegaría a esa misma cantidad con aproximadamente ocho horas y media de trabajo, pero esto con dos personas que lo efectúen. El error de clasificación manual, se estima que es mayor que el de la máquina ya que el

esfuerzo físico que se realiza es el doble de lo que se efectúa con la máquina, con lo que se reduciría notablemente el dolor de espalda y rodillas que tenían los comerciantes al realizar el trabajo manualmente. También se tenía un cansancio visual lo que ocasionaba que el porcentaje de errores con la selección manual sea del doble del porcentaje de error que se tiene con la máquina, en la siguiente tabla se muestran los parámetros de comparación del proceso manual y del proceso semiautomático para realizar la clasificación de los aguacates.

Tabla 33.- parámetros de comparación para análisis de resultados

PARÁMETROS	MANUAL	MÁQUINA
AGUACATES CLASIFICADOS	20000	19203
Nº DE PERSONAS	5	2
ERROR (%)	10	5
MODERNIZACION (%)	0	100
ESFUERZO FISICO (%)	100	50

Con la tabla 33 se muestra en un amplio margen, que se cumplió con el alcance propuesto en el anteproyecto, además de que la implementación de la máquina en este proceso de clasificación sería lo más óptimo y recomendado.

CAPITULO 5

ANÁLISIS DE COSTOS

5.1. COSTOS DIRECTOS

Son las inversiones económicas que se realiza en el material, mano de obra y gastos, correspondientes directamente a la manufactura de la máquina, se los ha separado según lo indican las tablas siguientes. A continuación en la siguiente tabla se detallan los costos directos en la elaboración de la parte mecánica de la máquina.

Tabla 34.- Costos directos de la construcción de la máquina

Cant.	Detalles	Cost /unit	Subtotal (USD)
Construcción de la estructura de la máquina			
2	Tubo cuadrado Galv. 1.1/2"x1.5"6 Mt	23	46
2	Tubo de poste Galv. 1.1/2"x6 Mt	25	50
3	Tool Galvanizado N°1.20 mm	41	123
4	Varilla lisa N°3/4"	14	56
1	Angulo N°3/4"	7	7
2	T N°3/4"	8	16
3	Platina 6 x 3/4	9	27
3	Platina 6 x 1/2	9	27
3	Platina 6 x 1.1/2	9	27
24	Chumaceras de pared 204 N°3/4"	6	144
2	Chumaceras de piso 204 N°3/4"	6	12
17	Rulimanes Gauss 6003 2RS/C3	4	68
2	Resortes grandes	10	20
2	Bandas transportadoras	50	100
3	Poleas	7	21
2	Material Plástico de manos de empuje	40	80
15	Disco de corte 7"/2mm	2	30
2	Disco de lija #60	0.6	12
1	Tapones de oído	1,25	1,25
10	Libras electrodo 6011 AGA 1/8	3.64	36.4
2	Pintura sintética	20	40
1	Masilla Mustang	7	7
20	Doblado de lámina	0.75	15
10	Doblado de tubos	5	50
1	Otros elementos de ferretería	100	100
1	Mano de obra	600	600
	TOTAL 1		1758.37

En la siguiente tabla se detallan los costos directos del sistema de pesaje de los aguacates, aquí intervienen los costos de las celdas de carga con sus respectivos circuitos de acondicionamiento.

Tabla 35.- Costos directos Sistema de pesaje de los aguacates

Cant.	Detalles	Cost /unit	Subtotal (USD)
	Sistema de pesaje de los aguacates		
2	Balanza Electrónica	170	340
1	Baquelita fibra de vidrio	10	10
3	Fundas de ácido	0.5	1.5
3	Impresiones acetato	1	3
100	Terminales tipo punta	0.15	15
30	Cable	1.1	33
1	Fuente de Poder 12 VDC 40 A	45	45
4	Amplificadores de instrumentación AD822	15	60
1	Otros elementos electrónicos		50
	TOTAL 2		557.5

En la tabla 36, se detallan los costos directos de fabricación del sistema de control de la máquina para clasificar aguacates por su peso.

Tabla 36.- Costos directos del sistema de control

Cant.	Detalles	Cost /unit	Subtotal (USD)
	Sistema de Control		
1	LOGO! 12/24 RC	257	257
1	LOGO! DM 8	89	89
1	Fuente de poder LOGO!	100	100
1	Cable USB LOGO!	92	92
1	Gabinete 40x40x20	40	40
2	Luces piloto	5	10
1	Porta fusible	1	1
1	Break riel 1x40A	7	7
1	Contactador 110VAC	32.69	32.69
1	Relé Térmico 7/ 10 A	30.83	30.83
1	Pulsador Hongo retenido	4.95	4.95
20	Terminales tipo punta	0.1	2
40	Terminales tipo espiga	0.11	4.4
30	Borneras para riel 2.5 mm	1	30
1	Riel Din	3.75	3.75
1	Canaleta 25x40	5.9	5.9
1	Botonera ON/OFF	7.79	7.79
30	Cable flexible # 12	0.6	18
40	Cable flexible # 16	0.33	13.2
1	Amarras plásticas 10 cm	1.4	1.4
6	Espiral Camasco 3/4	1.21	7.26
1	Motorreductor	450	450
3	Sensores inductivos	45	135
3	Contadores Industriales	70	210
6	Motores pequeños 0.65A, 110VAC (Actuadores)	60	360
1	Otros	100	100
	TOTAL 3		2013.44

En la tabla 37, se presenta el valor total de los costos directos de fabricación de la máquina para clasificar aguacates por su peso.

Tabla 37.- Total de costos directos de fabricación

Detalles	Subtotal (USD)
TOTAL 1	1758.37
TOTAL 2	557.5
TOTAL 3	2013.44
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	4329.31

5.2. COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos de fabricación son costos aplicables a la producción en general. Se conocen generalmente como gastos indirectos de manufactura.

En la tabla 38 se detallan los valores económicos de los recursos empleados en el tiempo de construcción de la máquina.

Tabla 38.- valores económicos por recursos empleados en el tiempo

Actividad	Tiempo previsto (meses)	Tiempo real (meses)	Valor (USD)
Investigación	6	18	300
Diseño	3	5	300
Elaboración de planos y documento	1	3	300
Pruebas de Funcionamiento	0.5	0,5	100
	TOTAL 1		1000

En la siguiente tabla se describen los costos indirectos de los materiales varios.

Tabla 39.- Costos indirectos de materiales varios

Cantidad	Detalles	Cost /unit	Subtotal (USD)
12	Internet (meses)	32	384
1	Materiales de oficina	30	30
1	Transporte	50	50
600	Impresiones	0,2	120
1	Otros	100	100
	TOTAL 2		684

A continuación se detalla el valor total de los costos indirectos de fabricación

Tabla 40.- Total de costos indirectos de fabricación

Detalles	Subtotal (USD)
TOTAL 1	1000
TOTAL 2	684
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	1684

5.3. COSTO TOTAL

Los costos totales es la suma de los resultados de los costos directos e indirectos de fabricación que fueron necesarios para la construcción de la máquina para clasificar aguacates por su peso.

Tabla 41.- Costo total de la máquina

Detalles	Subtotal (USD)
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	4329.31
TOTAL DE COSTOS INDIRECTOS	1684
COSTO TOTAL	6013.31

5.4. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis de costo beneficio es el proceso de colocar cifras en dólares en los diferentes costos y beneficios de una actividad o cambio dentro de una empresa.

Se debe utilizar un análisis costo-beneficio para comparar los costos y beneficios de las decisiones que se toman para implementar una máquina en cualquier proceso de trabajo.

Todo este análisis debe ser una guía para tomar la mejor decisión, teniendo en cuenta el beneficio y la satisfacción de los clientes.

A continuación se detalla un análisis de costos al efectuar la clasificación manual y costos de la clasificación con la implementación de la máquina para clasificar aguacates por su peso.

5.4.1. ANÁLISIS DE COSTOS DEL TRABAJO SIN MÁQUINA

Para clasificar 20000 aguacates diarios se necesitan cinco personas para efectuar el trabajo.

Tabla 42.- Costos del trabajo sin máquina

Número empleados	de	Pago diario	Total de días de trabajo a la semana	Total al mes
5		15	5	1500

5.4.2. ANÁLISIS DE COSTOS CON LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA

Para clasificar 20000 aguacates diarios con la máquina se necesitan dos personas para efectuar el trabajo.

Al valor antes mencionado se le asigna el valor del mantenimiento a realizarse que será

Tabla 43.- Costo con la implementación de la máquina

Número de empleados	Pago diario	Total de días de trabajo a la semana	Total al mes
2	15	5	600

5.4.3. PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

Tomando en cuenta que al implementar la máquina se reduce el número de empleados de cinco a dos, y que cada mes el ahorro es de 900 dólares, se procede a realizar el cálculo del tiempo en el que el comerciante recupera lo invertido con la implementación de la máquina en el proceso de clasificación.

Tabla 44.- Tiempo de recuperación

900	1	MESES
6013.31	?	
	6,68	TIEMPO
TIEMPO DE RECUPERACIÓN	6 MESES	20 DIAS
0.68	20	13.6

Como se muestran los cálculos realizados, el tiempo que tardará el comerciante en recuperar la inversión es de 6 meses, con 14 días, aproximadamente.

5.4.4. ANÁLISIS

Los costos y los beneficios implementando la máquina se presentan en la tabla 45.

Tabla 45.- Análisis costo beneficio

COSTOS	VALOR	BENEFICIOS	VALOR
Inversión máquina	6013.31		6013.31
Mantenimiento	50	Disminución de costos mano de obra	900
Total costos	6063,31		6913,31

CÁLCULO DEL COSTO BENEFICIO

Para efectuar el análisis se coloca las cifras de los costos y beneficios totales en la forma de relación, donde los beneficios se encuentran en el numerador y los costos en el denominador como se muestra a continuación.

$$\frac{BENEFICIOS}{COSTOS}$$

Los cálculos realizados presentan un beneficio de \$ 6913,31 sin embargo la relación de beneficios a costos es de \$ 1,14 de retorno por cada dólar invertido, como se muestra a continuación:

$$\frac{6913,31}{6063,31} = 1.14$$

En términos financieros esto se considera un retorno positivo de la inversión, de esta manera se ha demostrado que si el comerciante realiza la implementación de la máquina en el proceso de clasificación, obtendría mayor producción, además logrará un aumento de su utilidad, así como también la reducción significativa del esfuerzo físico que realizan los trabajadores modernizando así con la utilización de la tecnología el proceso de clasificación de aguacates.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Realizar la clasificación por medio de la implementación de esta máquina reduce notablemente los problemas que existen en la clasificación manual con respecto a la salud, debido a que este tipo de sistemas reduce a la mitad el esfuerzo físico que se efectúa al realizar este proceso.

- La máquina cumple a cabalidad con todas las especificaciones necesarias para realizar una correcta clasificación y conteo de los aguacates, los elementos que la constituyen representan una mínima inversión, ya que en su mayoría los componentes se seleccionaron de acuerdo a la calidad y el costo.
- Al implementar una máquina en la clasificación de aguacates, además de modernizar el proceso se beneficia tanto al comerciante como al productor, ya que al realizar el trabajo de una forma rápida, se puede hacer la clasificación en el momento de comprar el producto y se estaría pagando un precio justo por los aguacates, sin perjudicar a ninguna de las dos partes.
- Teniendo en cuenta el desempeño de este proyecto, se ha logrado alcanzar una cantidad de aguacates clasificados similar a la que se efectúa manualmente que es de 20000 aguacates en ocho horas diarias de trabajo, esto se logra sin que los trabajadores realicen un mayor esfuerzo tanto físico como visual para efectuar la clasificación.
- Se logró construir una máquina de calidad y competitiva con las máquinas utilizadas en la industria, que se puede ofrecer al público a un precio razonable.

6.2. RECOMENDACIONES

- Realizar las respectivas nivelaciones en todos los subsistemas que componen la máquina con la finalidad de tener un proceso de clasificación eficiente sin que se presenten problemas al final.
- Para darle un buen uso a la máquina y tener una mayor durabilidad de la misma se recomienda leer el manual de usuario y el de mantenimiento que se encuentran en los anexos A y B de este documento.
- Se recomienda al usuario no introducir sus manos en el subsistema de clasificación, ya que esto podría ocasionar lesiones leves al usuario así como también daños al subsistema, en el caso de que ocurra algún imprevisto se debe presionar el botón de paro de emergencia.
- Para quienes deseen continuar con la realización de este proyecto se recomienda implementar un sistema para detectar y separar a los aguacates que no se encuentren en buen estado para ser comercializados, además de implementar un método para efectuar la limpieza su limpieza, ya que en ocasiones estos llegan hasta sucios y es necesario limpiarlos.
- En el caso de ser necesaria la clasificación de una mayor cantidad de aguacates, se recomienda que se realice un análisis de la transmisión de movimiento para así, en el los casos que sean necesarios reemplazar los componentes para incrementar la velocidad con la que trabajan los subsistemas.
- Se recomienda a los comerciantes que implementen este tipo de tecnología en el proceso de clasificación de los aguacates, ya que con ello estarían modernizándose y la selección sería más rápida y segura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. (14 de 11 de 2012). Obtenido de Electricidad y Automatismos: <http://www.nichese.com/motor.html>.
2. 5 Hertz Electrónica. (08 de 04 de 2014). *Celdas de carga*. Recuperado el 05 de 06 de 2014, de <http://5hertz.com/tutoriales/?p=690>
3. Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Suramérica. (25 de Enero de 2012). *Productores de aguacate buscan incrementar exportaciones*. Obtenido de <http://andes.info.ec/2009-2011.php/?p=135024>
4. Antonio, Miravates, A., & Larrodé, E. (1996). *Transportadores y Elevadores*. Reverte .
5. Arrieta Noriega, N. E., Chagoyén Méndez, C. A., & Mendoza Díaz, I. d. (s.f.). *Monografías.com*. Recuperado el 03 de 06 de 2015, de <http://www.monografias.com/trabajos93/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica/analisis-falla-rodamientos-del-arbol-excentrica.shtml>
6. Asesorías y Consultorías. (s.f.). *Automatizando S.A.S*. Recuperado el 16 de 04 de 2014, de <http://www.automatizando.com.co/tension%20y%20fuerza.htm>
7. Budynas , R. G., & Nisbett, K. J. (2008). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley* (8va ed.). México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
8. Camprodon Cintas Transportadoras, S.L. (s.f.). Recuperado el 26 de 04 de 2014, de http://zaragoza.infoisinfo.es/ficha/camprodon_cintas_transportadoras_s_l/3132628
9. Chamorro, D. (Junio de 2012). CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA SECADORA DE PELLETS DE BALANCEADO. Ibarra, Imbabura, Ecuador.
10. DEXVE. (s.f.). *Transportadores*. Recuperado el 26 de 04 de 2014, de <http://www.dexve.es/cintas-transportadoras-de-rodillos-de-banda-palets>
11. Dinámica Distribuciones. (s.f.). *DINAMICADistribuciones, sa*. Recuperado el 07 de 03 de 2015, de <http://www.dinamica.net/repositori/documents/productes/es/soportes.pdf>
12. Direct Industry. (2014). *El Salón Online de la Industria*. Recuperado el 16 de 04 de 2014, de <http://www.directindustry.es/prod/puls-electronic/celdas-carga-flexion-57485-837887.html>
13. E., Carlos. (s.f.). *Sensores Inductivos*. Recuperado el 15 de Octubre de 2014, de [Sensores Inductivos:](#)

http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/24_SENSORES_INDUCTIVOS.PDF

14. EcuRed. (09 de 05 de 2013). *Transportador de Tornillo sin fin*. Obtenido de http://www.ecured.cu/index.php/Transportador_de_tornillo_sin_fin
15. *Elementos y Equipos Electricos*. (s.f.). Recuperado el 16 de 04 de 2014, de http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf
16. Escuela Politécnica Nacional. (s.f.). Recuperado el 16 de 04 de 2014, de http://ciecfie.epn.edu.ec/Automatizacion/Laboratorios/instrumentacion/hojas_guias/11-2/P9.pdf
17. Fernandez, M. A. (13 de Marzo de 2010). *monografías.com*. Recuperado el 09 de 07 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos45/amplificadores-operacionales/amplificadores-operacionales2.shtml#ixzz36wGgsU8F>
18. Giraldo, D., & Tabales, I. (1997). *Teoría de control*. México: (Tercera ed.) Hispanoamericana, Prentice-Hall.
19. INDURA. (12 de 01 de 2011). *SLIDESHARE*. Recuperado el 25 de 06 de 2015, de <http://es.slideshare.net/saulolm/manual-soldadura-catalogo-de-electrodos-jose-aller>
20. Ingemecánica. (s.f.). *Tutorial Nº 121*. Recuperado el 06 de 06 de 2014, de <http://www.ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html>
21. Innovación digital en Basculas S.A de C.V. (2009). *POISE*. Recuperado el 28 de 06 de 2014, de http://www.basculaspoise.com/Soporte/Celdas_de_Carga.html
22. Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). *Eficiencia Energética en Motores Eléctricos* (Primera ed.). Quito, Ecuador.
23. Instituto Tecnológico Superior de Tepeaca. (Noviembre de 2010). *Tec Magazine*. Obtenido de Diseño y construcción de una banda transportadora: <http://www.itstepeaca.edu.mx/e-magazine/vol1,%20num%203/banda.pdf>
24. maxfrut1. (25 de 11 de 2013). *Calibrador electrónico de frutas VENUS*. Recuperado el 26 de 04 de 2014, de Youtube: <http://www.youtube.com/watch?v=raWg7XrOYv0>
25. MECALUX. (s.f.). *El directorio industrial*. Recuperado el 25 de 04 de 2014, de <http://www.logismarket.es/tecnia-conveyor/transportador-de-rodillos-por-gravedad/2249956792-1124660-p.html>
26. Ministerio de Agricultura Acuicultura y Pesca. (s.f.). *Ecuador ama la vida*. Recuperado el 03 de 03 de 2015, de Censos y Encuestas: <http://sinagap.agricultura.gob.ec/censo-nacional-agropecuario/24-iii-censo-nacional-agropecuario>

27. Mosconi, I. O. (s.f.). *Area Electrotecnia y Máquinas Eléctricas*. Obtenido de Selección y uso de Motores Eléctricos: <http://www.ing.unp.edu.ar/asignaturas/maqeinstelectricas/SELECCION%20Y%20CONTROL%20DE%20MOTORES.pdf>
28. Obando, C. (2011). *Sistema de ordenamiento*. Ibarra: utn: proyecto de titulación.
29. Orozco, M. F. (s.f.). *monografias.com*. Recuperado el 16 de 04 de 2014, de <http://www.monografias.com/trabajos13/reducty/reducty.shtml>
30. Pallás, R., Oscar, C., & Burgos, R. (2009). *Sensores y acondicionadores de señal*. (Primera ed.). Alfaomega.
31. Robert L. Mott, P. E. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas* (Cuarta Edición ed.). México: Pearson Educación.
32. Rosero, L. (2013). *Sistema de control de peso para llenado de sacos de harina de 50 kg*. Ibarra: Universidad Técnica del norte, Proyecto de titulación.
33. *Sensores de Proximidad*. (27 de 11 de 2012). Obtenido de <http://sensoresdeproximidad.galeon.com/>
34. Siemens. (2003). *Manual Logo*.
35. Trace Parts. (2015). *Catálogos*. Recuperado el 25 de 03 de 2015, de <http://www.tracepartsonline.net/%28S%281txq1fh51carje3o31naeufk%29%29/content.aspx>
36. *Wikipedia*. (27 de 02 de 2014). Recuperado el 16 de 04 de 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/tipos-de-sensores.html>

ANEXOS

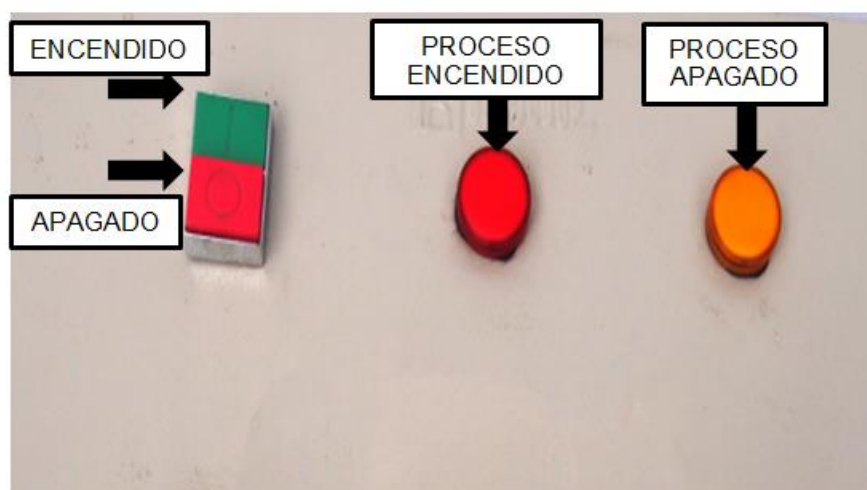
ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO

En el presente manual se detallará de la manera más clara posible dividiendo en pasos básicos y específicos la forma de darle un buen uso a la máquina para clasificar aguacates por su peso, esto con la finalidad de que el lector pueda comprender de mejor manera los pasos a seguir tanto para el funcionamiento como para el mantenimiento de la misma.

1. Antes de realizar el encendido de la máquina: Revisar que todo el cableado eléctrico y electrónico de la máquina este en perfecto estado.
2. En el momento de conectar la máquina a 110 VAC se encenderá la luz amarilla mostrada en la figura, dando a conocer así que aún no se inicia con el proceso de clasificación. Para iniciar se debe presionar el botón verde que es el encargado de hacer que el motor arranque y así empezar la clasificación de los aguacates, además se encenderá la luz roja que es la que indica que la máquina está en funcionamiento. para apagar la máquina se presiona el botón rojo.



3. En el caso de que se necesite parar el proceso de emergencia se debe activar el botón de paro de emergencia que se muestra en la figura, para ello se debe girarlo en sentido de las manecillas del reloj para apagar el sistema de inmediato, para volver a encender el sistema es necesario que este botón este presionado ya que de no ser así la máquina no encenderá.

Para activarlo se gira en contra del sentido de las manecillas del reloj y presionándolo suavemente.



4. Una vez encendida la máquina todos los subsistemas de la máquina se ponen en funcionamiento y lo primero que hay que hacer es colocar los aguacates en la rampa vibratoria, esto se lo debe hacer de una forma sincronizada de tal forma que los aguacates no se hagan montón, esto con la finalidad de que se pueda abastecer de aguacates a los siguientes subsistemas sin que exista inconvenientes.
5. Cuando los aguacates se encuentren en el subsistema de transporte y ordenamiento, que es el que tiene las bandas transportadoras, si es necesario se puede hacer un pre clasificado manual de los aguacates que no se encuentren en un buen estado para ser comercializados.
6. Para evitar accidentes, cuando la máquina esté en funcionamiento, el usuario nunca debe introducir bajo ninguna circunstancia las manos en el último subsistema, que es el que tiene las manos plásticas que giran sobre toda la mesa, ya que al encontrarse en movimiento, los mecanismos empleados en este subsistema pueden ocasionar lesiones en el usuario; además no es necesario que el usuario intervenga en el funcionamiento ya que la clasificación es automática gracias a los sistemas mecánicos y de control empleados para realizar este proceso.

En el caso de que se requiera introducir las manos en este subsistema ya sea por casos extremos se recomienda detener la máquina presionando el botón de paro de emergencia.

7. Las bandejas de salida de los aguacates clasificados están ubicadas de tal de forma que los aguacates que se clasifican primero son los de primera, luego los de segunda y finalmente los de tercera clase, todas ellas cuentan con un contador digital que permitirá visualizar la cantidad existente de cada clase, el valor del contador se reseteará automáticamente cuando se cumpla el número establecido de aguacates que llenen un saquillo que es donde serán colocados los aguacates; además también se clasifican los aguacates de cuarta clase, estos no tienen contadores ya que este tipo de aguacates no son muy comercializados.
8. una vez que todos los aguacates estén clasificados se debe apagar y desconectar la máquina.

ANEXO B

MANUAL DE MANTENIMIENTO

MANUAL DE MANTENIMIENTO

El manual de manteniendo se divide en dos partes que son la parte eléctrica y electrónica, y el sistema mecánico:

MANUAL DE MANTENIMIENTO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

1. Inspeccionar con un multímetro amperímetro, que la carga eléctrica sea la adecuada antes de la conexión de la entrada de voltaje principal de 110 VAC.
2. Revisar que todos los cables se encuentren ubicados correctamente y sin ninguna avería.
3. Si es necesario abrir el armario de control, este trabajo debe ser realizado una persona que posea los conocimiento necesario, ya que los elementos que este contiene son delicados y de costos elevados
4. Si observa averías en algún componente electrónico de la máquina, comuníquese con su técnico de confianza para que le asesore con el reemplazo o reparación del mismo.

MANUAL DE MANTENIMIENTO MECÁNICO

1. Revisar que la máquina se encuentre en una superficie plana con la finalidad que pueda trabajar sin ningún problema.
2. Realizar una limpieza completa utilizando aire comprimido o manualmente, antes de esto asegúrese de que la máquina esté completamente apagada, se debe tener mucho cuidado con las conexiones eléctricas.
3. Revisar que todos los componentes mecánicos que necesitan lubricación estén correctamente lubricados.
4. Revisar que todas las bandas y pernos se encuentren con el ajuste óptimo de trabajo.

5. Lubricar los rodamientos y chumaceras cada cierto tiempo, se recomienda que podría ser cada 6 meses, las cadenas se deben lubricar cada mes o según sea la necesidad.

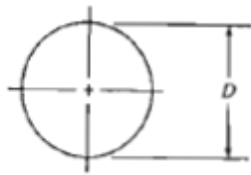

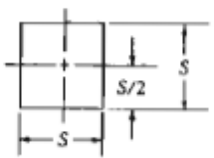
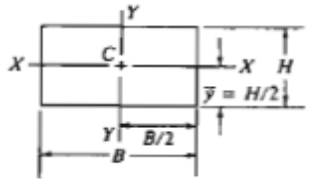
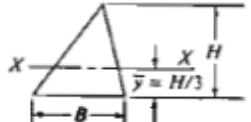
PLAN DE MANTENIMIENTO

ELEMENTO	PERIODO	DETALLE	PROCEDIMIENTO
Motorreductor	Anual	Recalentamiento o sonidos extraños	Ayudarse de un Técnico
Cadenas	Semestral	Lubricación o reemplazo	Engrasar o reemplazar el componente en caso de daños.
Chumaceras	Semestral	Lubricación o reemplazo	Engrasar o reemplazar el componente en caso de daños
Rulimanes	Semestral	Lubricación o reemplazo	Engrasar o reemplazar el componente en caso de daños
Piñones	Semestral	Lubricación o reemplazo	Engrasar o reemplazar el componente en caso de daños
Catarinas	Semestral	Lubricación o reemplazo	Engrasar o reemplazar el componente en caso de daños
Reajuste pernos	Mensual	Verificación	Reajustar todos los pernos que componen la máquina
CABLES	Mensual	Verificar conexiones	Revisar si los cables de las conexiones eléctricas se encuentran en buen estado
Bandas	Mensual	Reajuste	Ajustar templadores

ANEXO C

PROPIEDADES DE LAS AREAS

APÉNDICE 1 PROPIEDADES DE LAS ÁREAS

a) Círculo		$A = \pi D^2/4 \quad r = D/4$ $I = \pi D^4/64 \quad J = \pi D^4/32$ $S = \pi D^3/32 \quad Z_p = \pi D^3/16$
b) Círculo hueco (tubo)		$A = \pi(D^2 - d^2)/4 \quad r = \sqrt{D^2 + d^2}/4$ $I = \pi(D^4 - d^4)/64 \quad J = \pi(D^4 - d^4)/32$ $S = \pi(D^4 - d^4)/32D \quad Z_p = \pi(D^4 - d^4)/16D$
c) Cuadrado		$A = S^2 \quad r = S/\sqrt{12}$ $I = S^4/12$ $S = S^3/6$
d) Rectángulo		$A = BH \quad r_x = H/\sqrt{12}$ $I_x = BH^3/12 \quad r_y = B/\sqrt{12}$ $S_x = BH^2/6$
e) Triángulo		$A = BH/2 \quad r = H/\sqrt{18}$ $I = BH^3/36$ $S = BH^2/24$

ANEXO D

**INFORME DE ANALISIS DE LA
ESTRUCTURA**

▣ Simulación:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de simulación	Análisis estático
Fecha de la última modificación	28/04/2015, 20:29
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No

Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

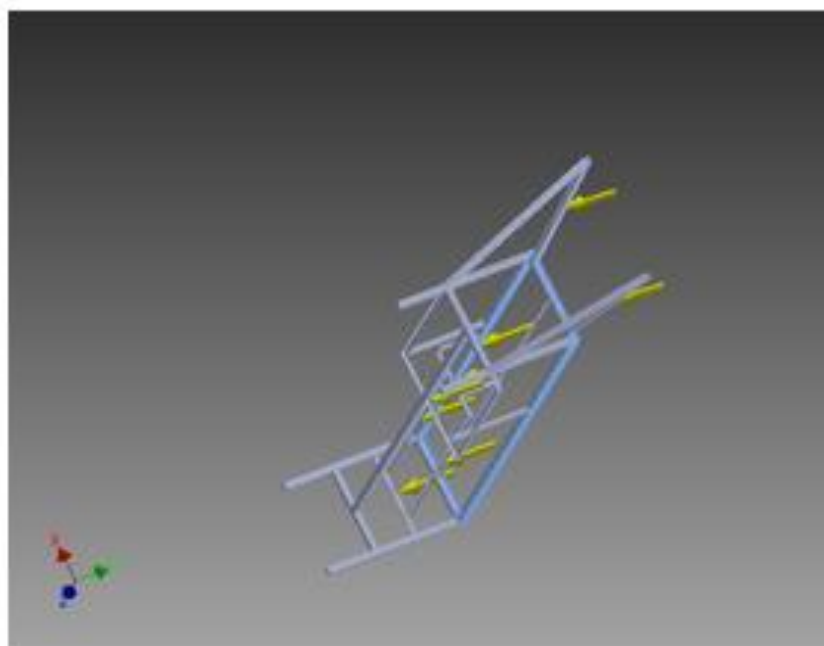
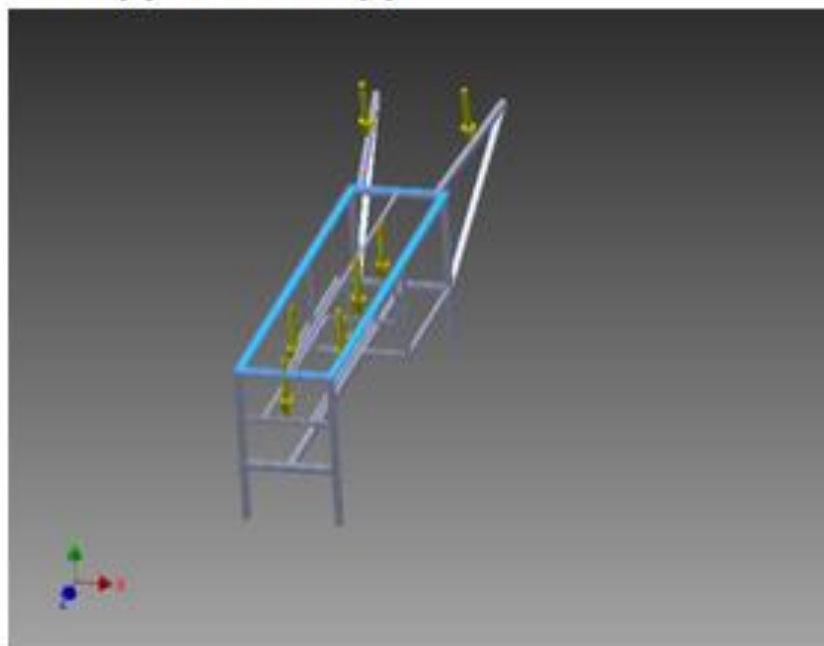
▣ Material(es)

Nombre	Acero, galvanizado	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9231 GPa
Nombre(s) de pieza	ESTRUCTURA estudio final	

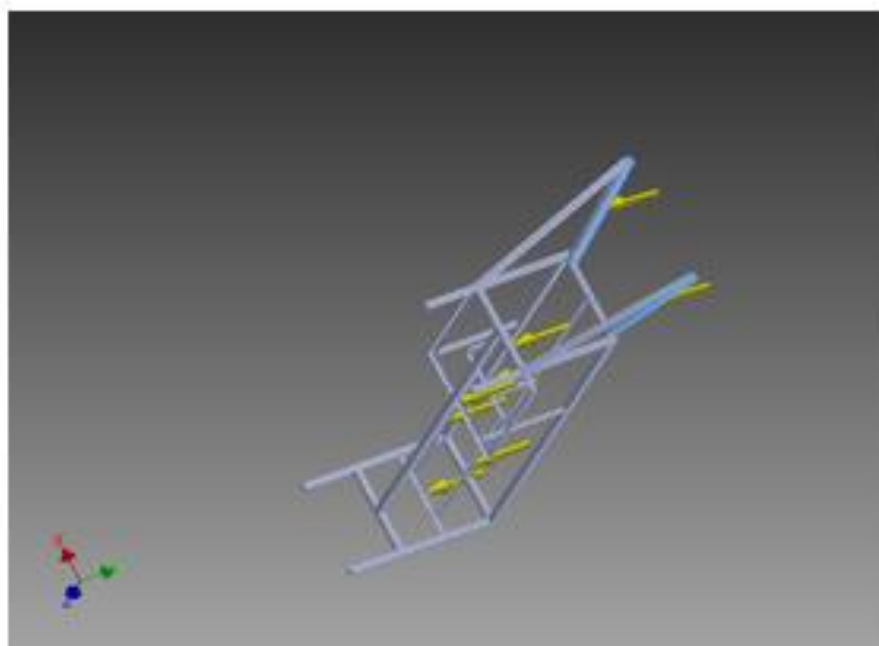
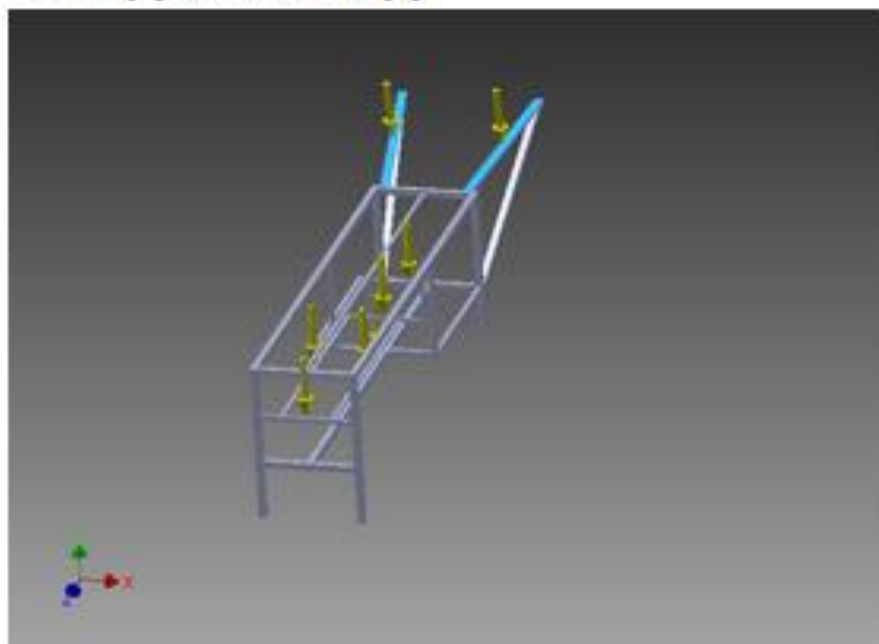
▣ Condiciones de funcionamiento

▣ Fuerza:1

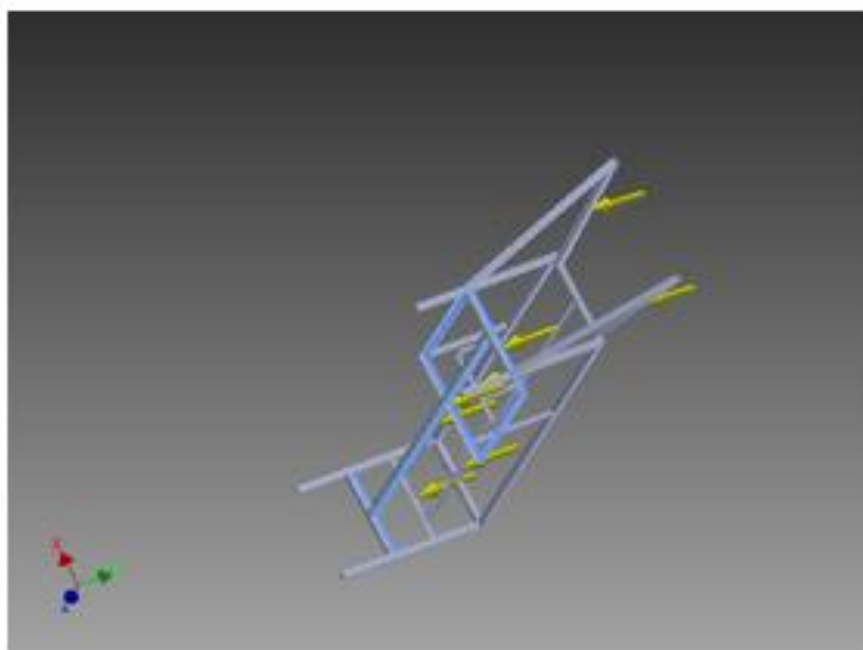
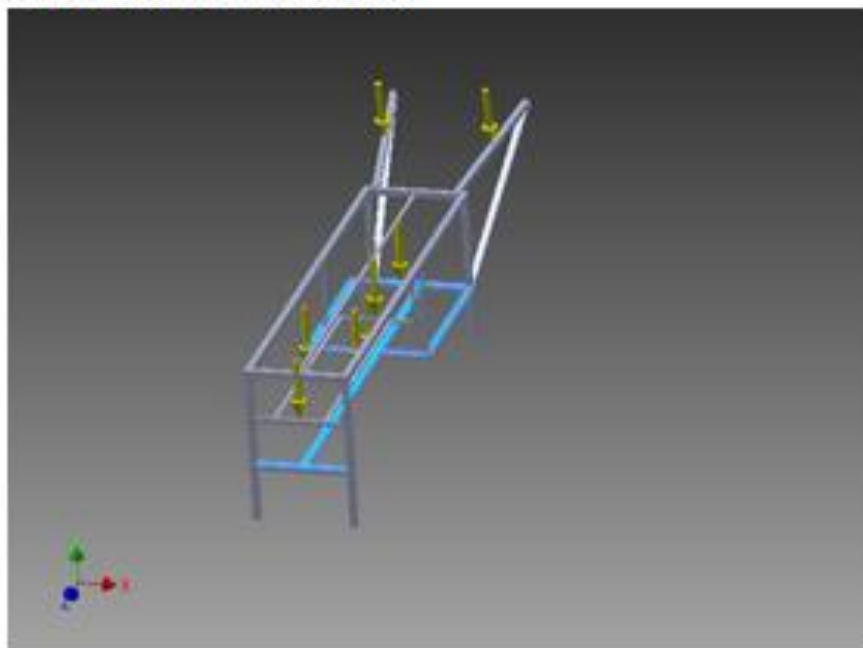
Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	882.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-882.000 N
Vector Z	0.000 N

☐ Cara(s) seleccionada(s)**☐ Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	176.400 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-174.228 N
Vector Z	-27.595 N

☐ Cara(s) seleccionada(s)**☐ Fuerza:3**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	264.600 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-264.600 N
Vector Z	0.000 N

☐ Cara(s) seleccionada(s)**☐ Fuerza:4**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	88.200 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-88.200 N
Vector Z	0.000 N

Resultados

I Fuerza y pares de reacción en restricciones

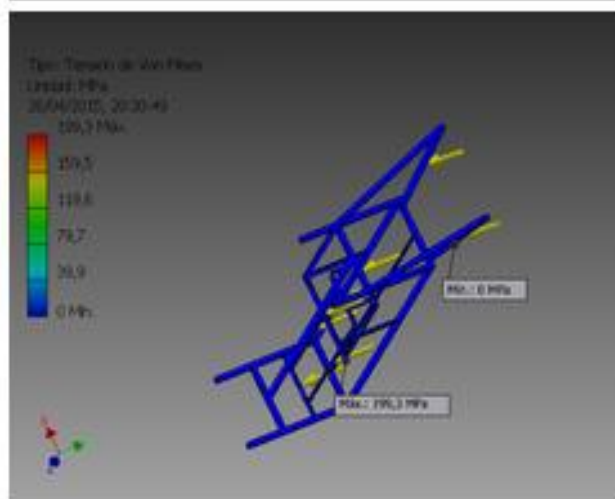
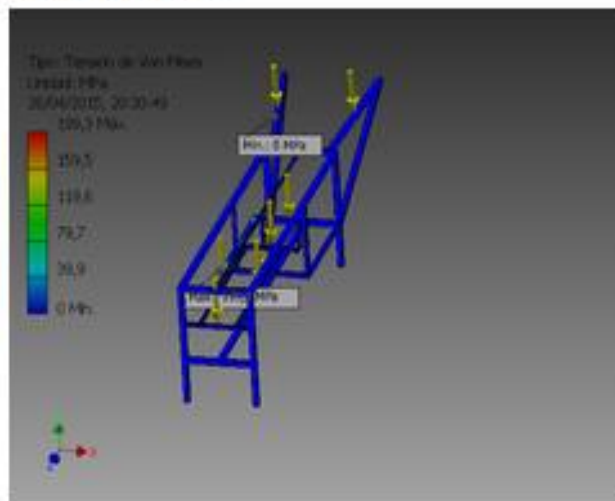
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	1409,3 N	0 N	209,184 N m	-209,121 N m
		1409,03 N		0 N m
		27,595 N		-5,13025 N m

I Resumen de resultados

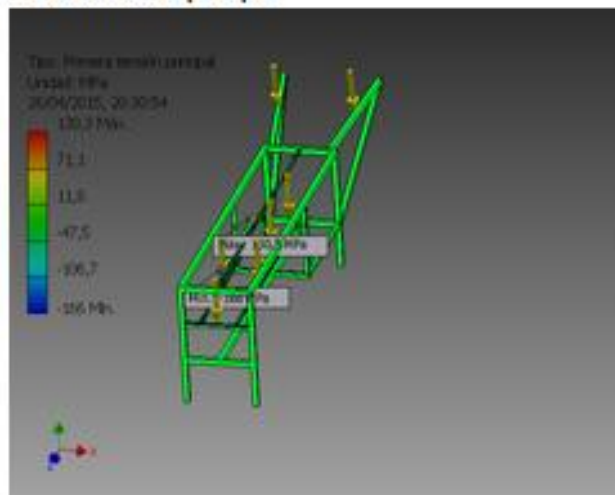
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	25994000 mm ³	
Masa	204,053 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	199,328 MPa
Primera tensión principal	-166,021 MPa	130,344 MPa
Tercera tensión principal	-376,326 MPa	55,1898 MPa
Desplazamiento	0 mm	12,963 mm
Coefficiente de seguridad	1,03849 su	15 su
Tensión XX	-166,338 MPa	59,2881 MPa
Tensión XY	-25,448 MPa	8,9572 MPa
Tensión XZ	-29,7187 MPa	17,1988 MPa
Tensión YY	-354,576 MPa	122,511 MPa
Tensión YZ	-70,9799 MPa	59,4803 MPa
Tensión ZZ	-211,609 MPa	101,09 MPa
Desplazamiento X	-0,0371995 mm	0,0401766 mm
Desplazamiento Y	-12,963 mm	0,0294773 mm
Desplazamiento Z	-0,0476783 mm	0,0501987 mm
Deformación equivalente	0 su	0,00110591 su
Primera deformación principal	-0,000000455439 su	0,000476938 su
Tercera deformación principal	-0,00134733 su	0,000000683937 su
Deformación XX	-0,0000845849 su	0,0000830816 su
Deformación XY	-0,000165412 su	0,0000582218 su
Deformación XZ	-0,000193172 su	0,000111792 su
Deformación YY	-0,00120596 su	0,000426028 su
Deformación YZ	-0,000461369 su	0,000386622 su
Deformación ZZ	-0,000829038 su	0,000450513 su
Presión de contacto	0 MPa	77,1896 MPa
Presión de contacto X	-11,0269 MPa	23,3414 MPa
Presión de contacto Y	-68,9976 MPa	74,9964 MPa
Presión de contacto Z	-14,8596 MPa	19,1073 MPa

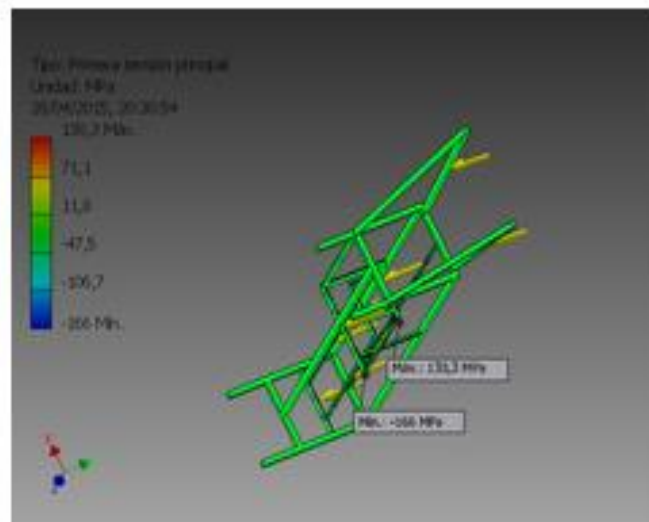
Figuras

Tensión de Von Mises

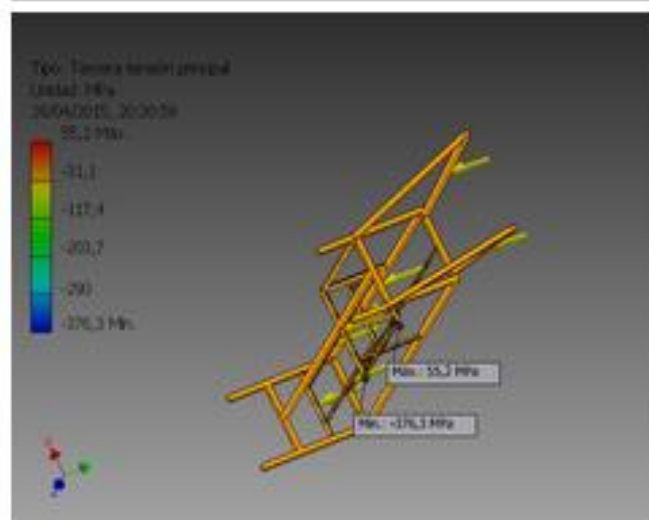


Primera tensión principal

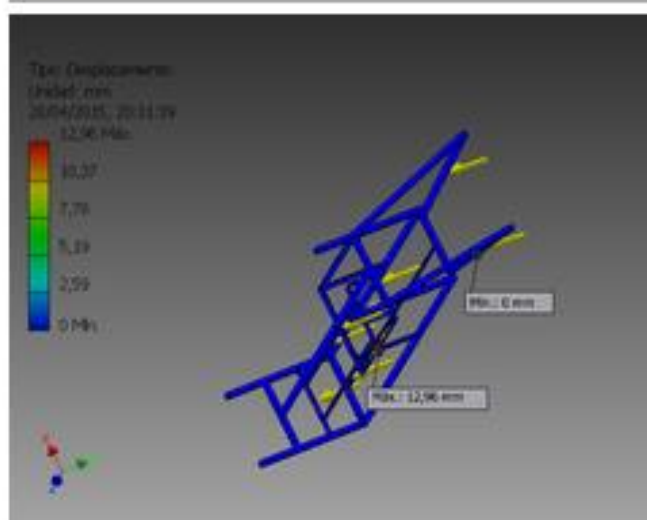
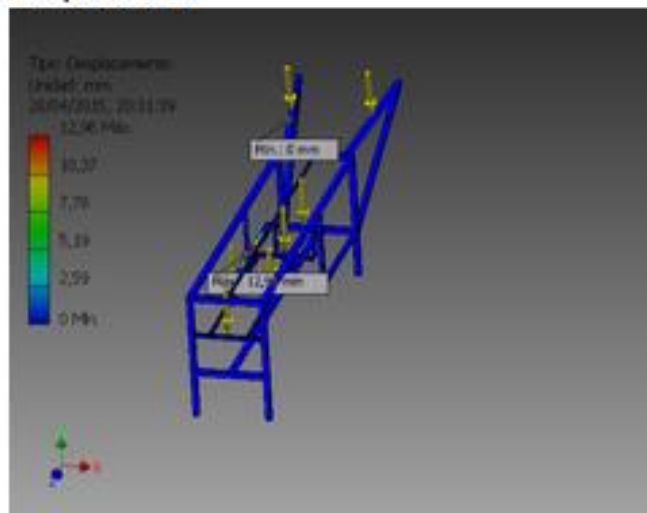




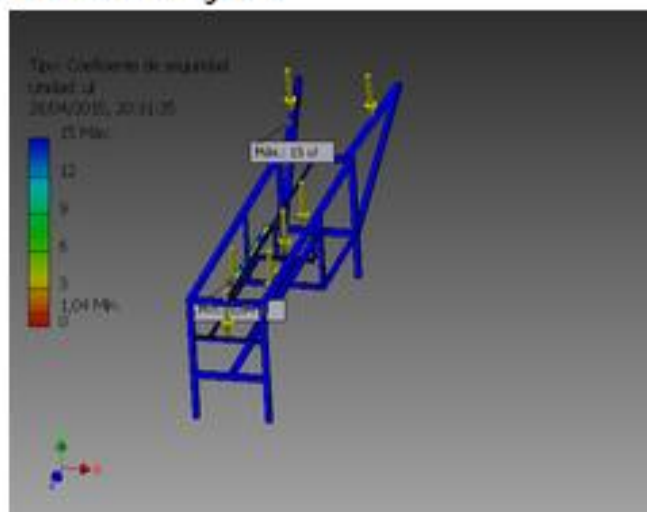
▣ Tercera tensión principal

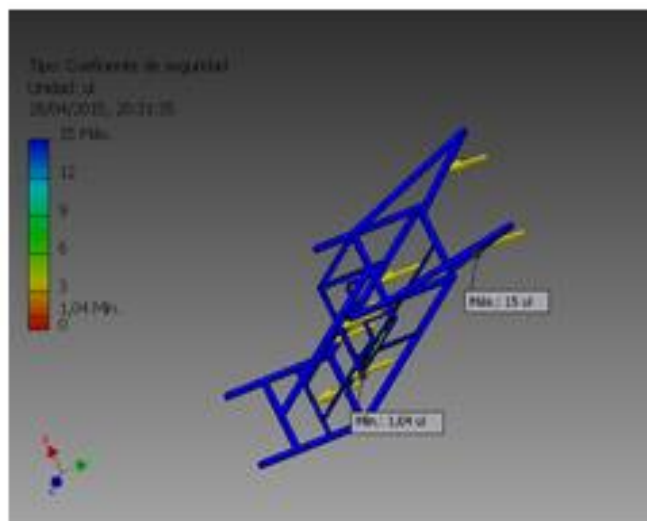


Desplazamiento

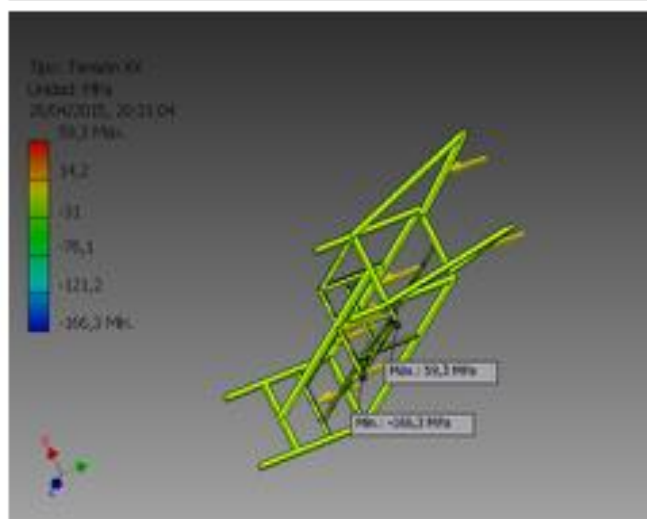
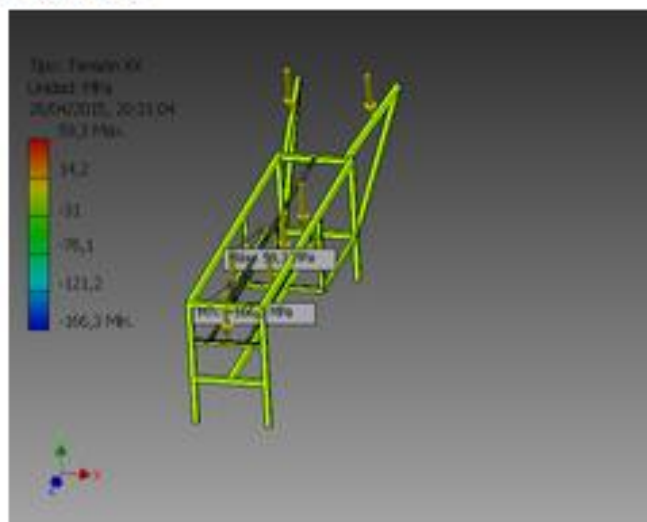


Coefficiente de seguridad

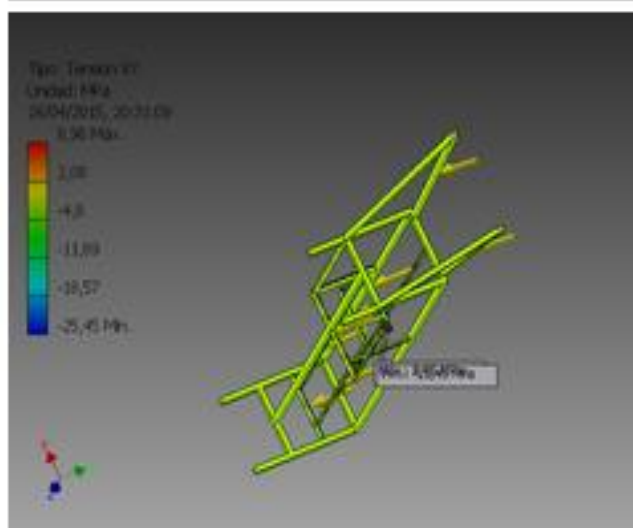
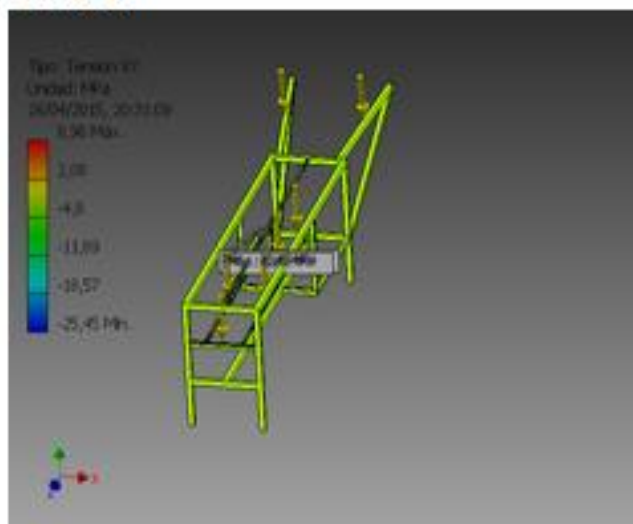




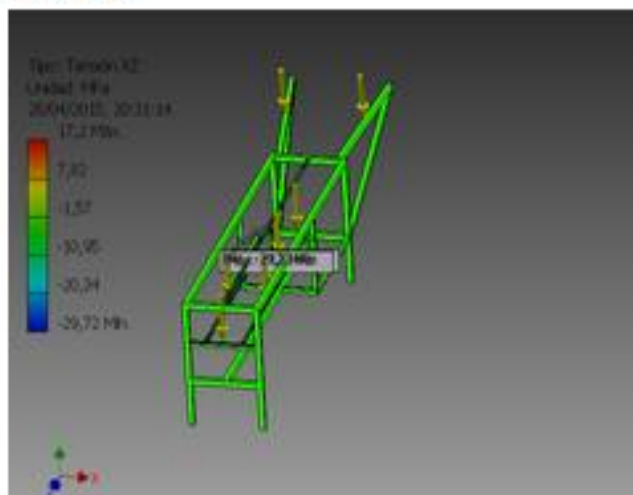
Tensión XX

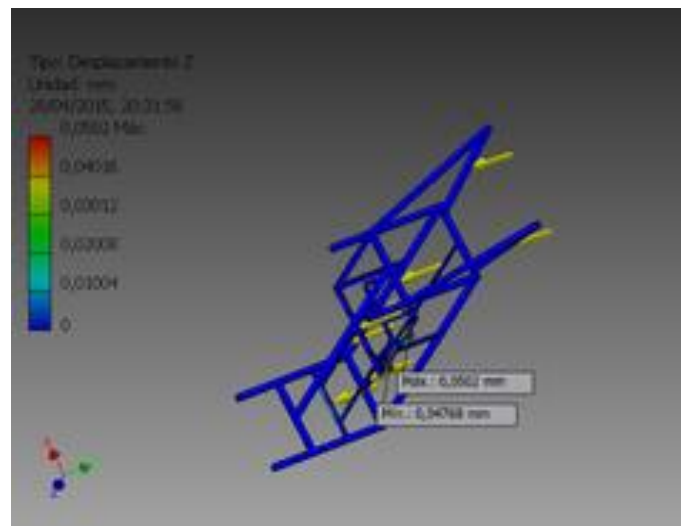


☐ Tensión XY

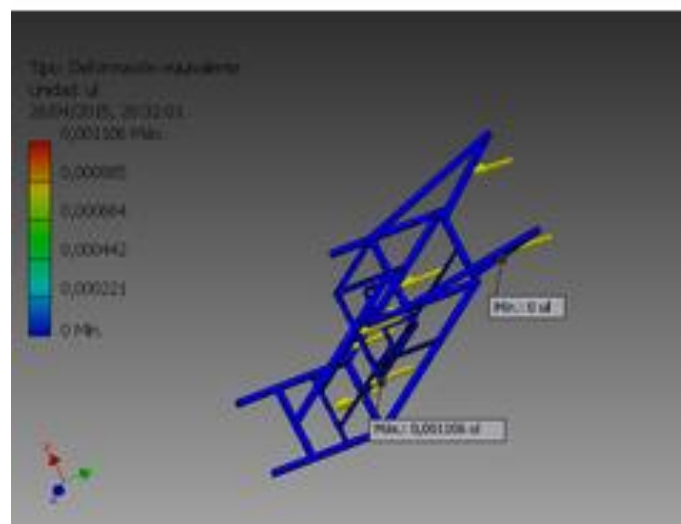
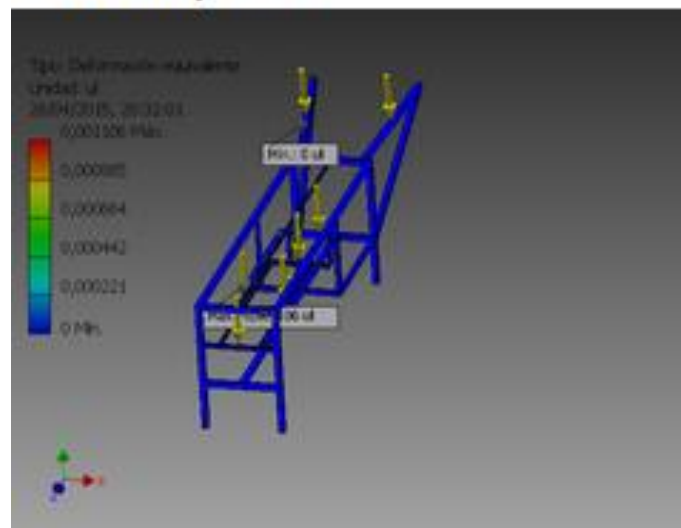


☐ Tensión XZ

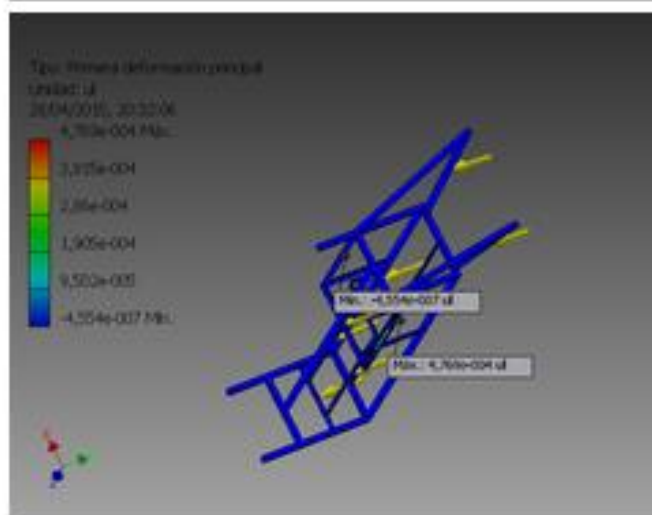
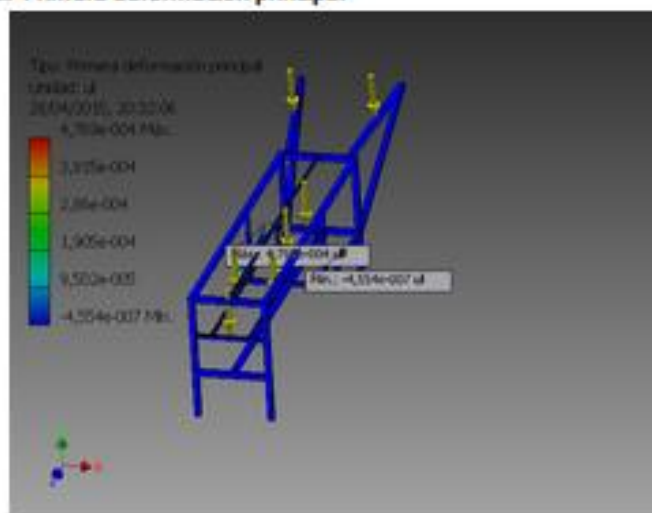




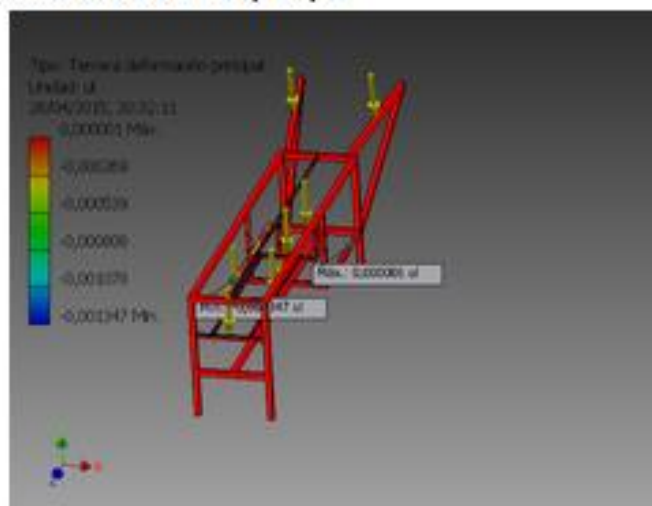
Deformación equivalente



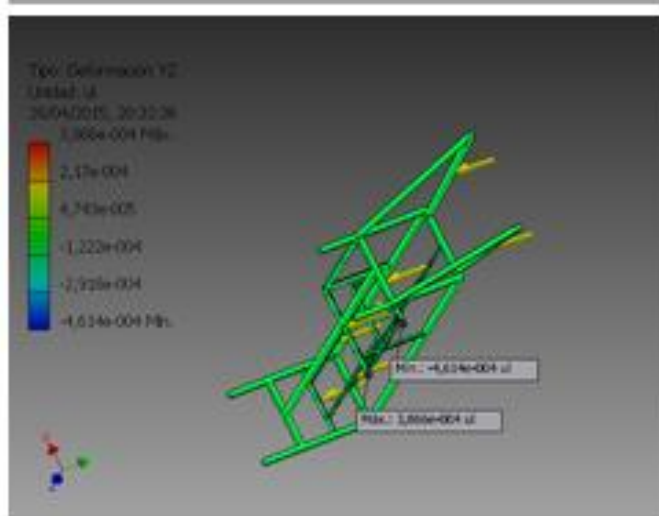
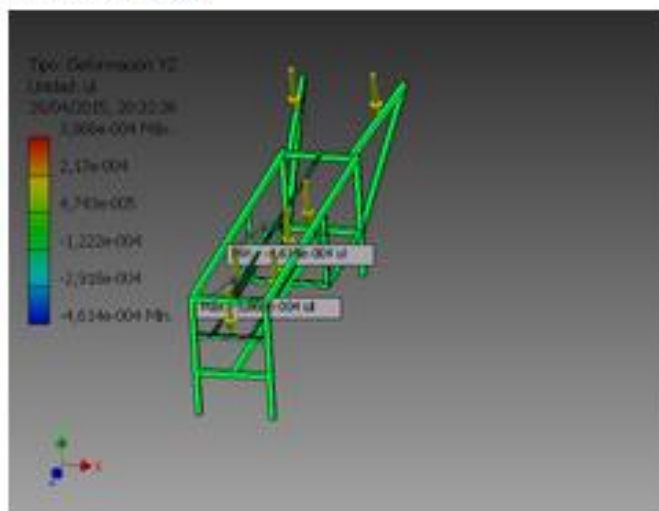
Primera deformación principal



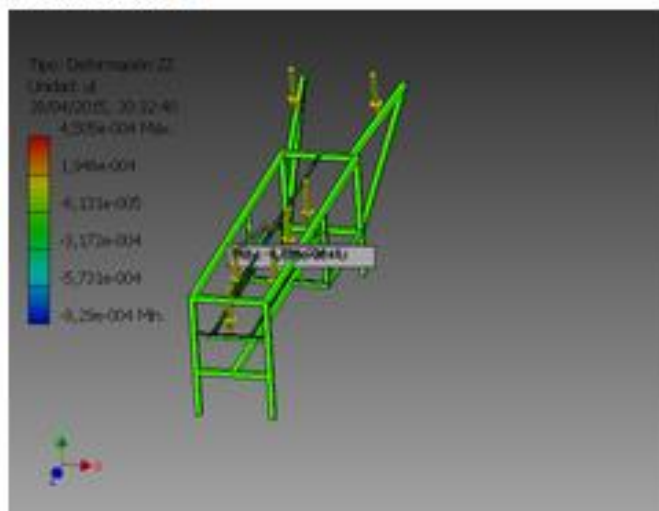
Tercera deformación principal

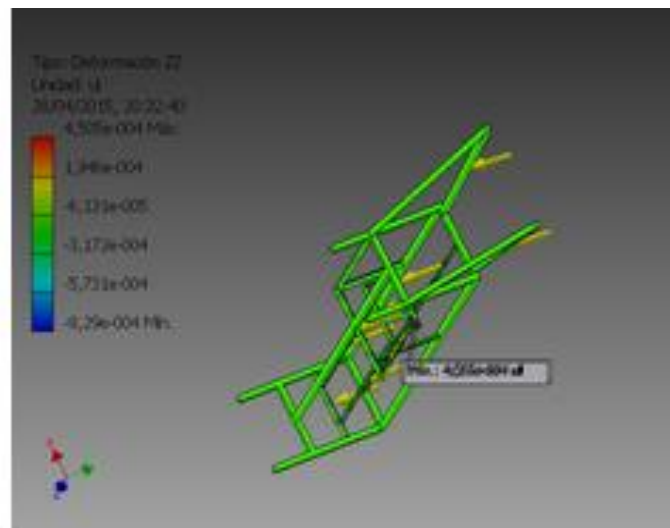


Definición YZ

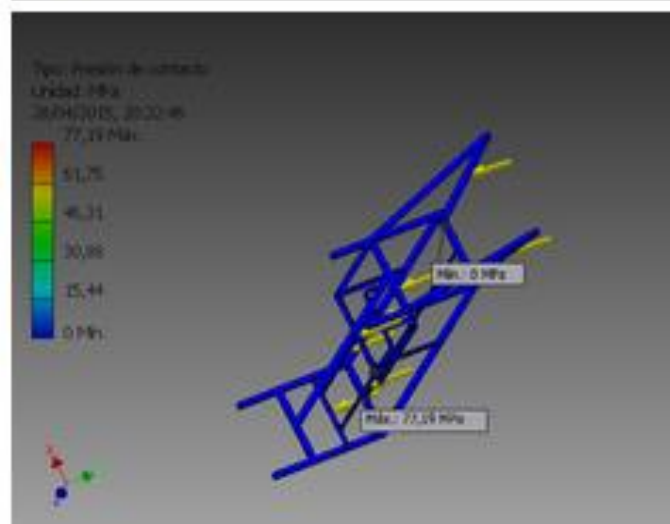
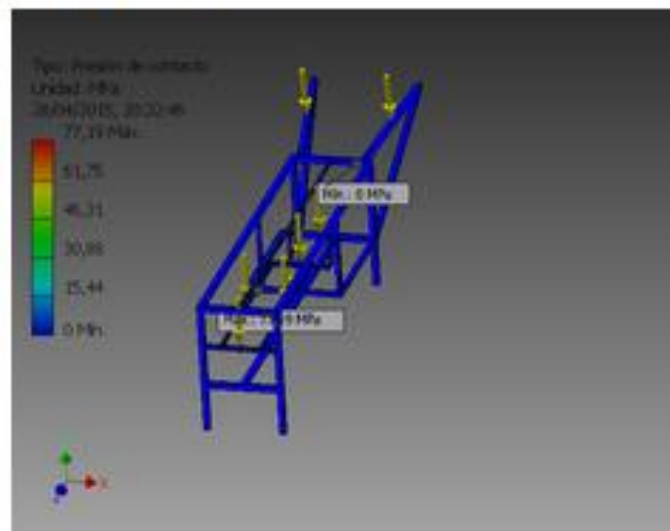


Definición ZZ





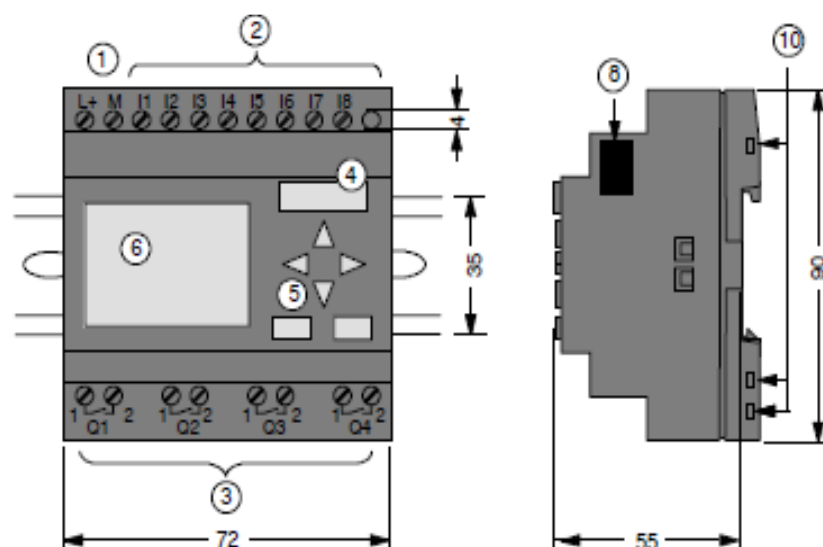
Presión de contacto



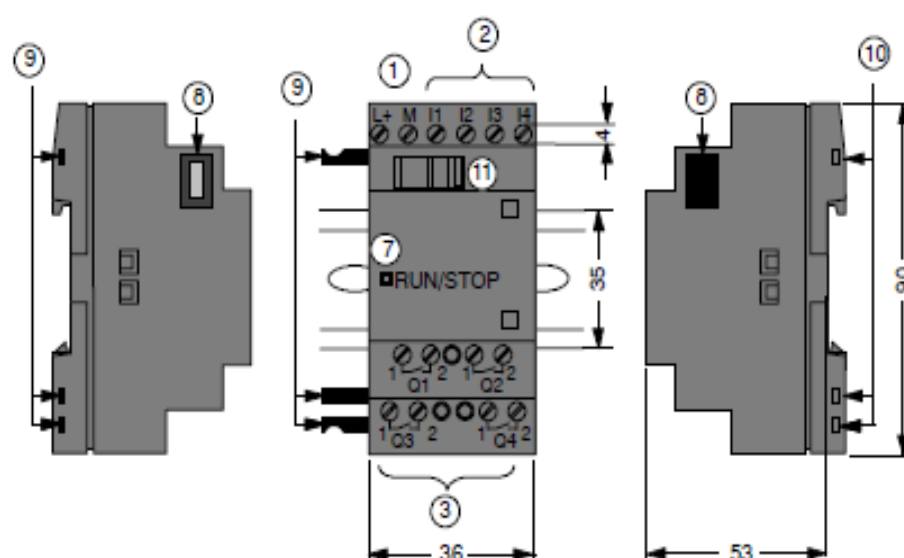
ANEXO E

ESTRUCTURA DEL PLC LOGO
12/24 RC Y EL MÓDULO DE
EXPANSION DM8 12/24 R

LOGO! Basic (p.ej.: 12/24 RC)



LOGO! de LOGO!
(p.ej.: DM8 12/24R)



① Alimentación de tensión

② Entradas

③ Salidas

④ Receptáculo de módulo con revestimiento

⑤ Panel de manejo (no en RCo)

⑥ Pantalla LCD (no en RCo)

⑦ Indicación del estado RUN/STOP

⑧ Interfaz de ampliación

⑨ Codificación mecánica - pernos

⑩ Codificación mecánica - conectores

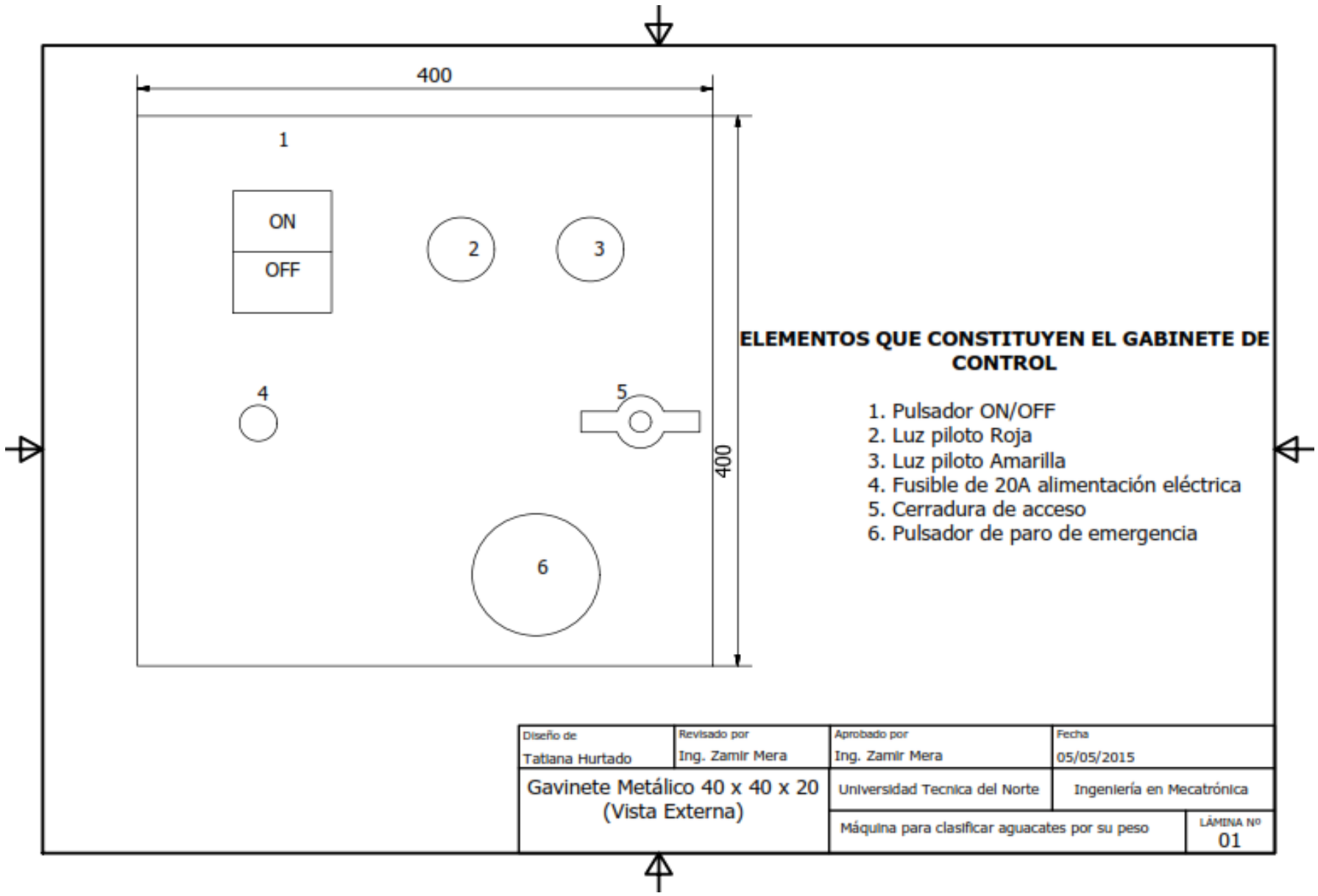
ANEXO F

NORMA AWG

N° AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (Ω/Km.)	Capacidad (A)
0000	11,86	107,2			0,158	319
000	10,40	85,3			0,197	240
00	9,226	67,43			0,252	190
0	8,252	53,48			0,317	150
1	7,348	42,41		375	1,40	120
2	6,544	33,63		295	1,50	96
3	5,827	26,67		237	1,63	78
4	5,189	21,15		188	0,80	60
5	4,621	16,77		149	1,01	48
6	4,115	13,30		118	1,27	38
7	3,665	10,55		94	1,70	30
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2
22	0,6438	0,33	14,4	2,89	51,5	0,92
23	0,5733	0,26	16,0	2,29	56,4	0,73
24	0,5106	0,20	18,0	1,82	85,0	0,58
25	0,4547	0,16	20,0	1,44	106,2	0,46
26	0,4049	0,13	22,8	1,14	130,7	0,37
27	0,3606	0,10	25,6	0,91	170,0	0,29
28	0,3211	0,08	28,4	0,72	212,5	0,23
29	0,2859	0,064	32,4	0,57	265,6	0,18
30	0,2546	0,051	35,6	0,45	333,3	0,15
31	0,2268	0,040	39,8	0,36	425,0	0,11
32	0,2019	0,032	44,5	0,28	531,2	0,09
33	0,1798	0,0254	56,0	0,23	669,3	0,072
34	0,1601	0,0201	56,0	0,18	845,8	0,057
35	0,1426	0,0159	62,3	0,14	1069,0	0,045
36	0,1270	0,0127	69,0	0,10	1338,0	0,036
37	0,1131	0,0100	78,0	0,089	1700,0	0,028
38	0,1007	0,0079	82,3	0,070	2152,0	0,022
39	0,0897	0,0063	97,5	0,056	2696,0	0,017
40	0,0799	0,0050	111,0	0,044	3400,0	0,014
41	0,0711	0,0040	126,8	0,035	4250,0	0,011

ANEXO G

CONEXIONES ELÉCTRICAS



Diseño de Tatiana Hurtado	Revisado por Ing. Zamir Mera	Aprobado por Ing. Zamir Mera	Fecha 05/05/2015
Gabinete Metálico 40 x 40 x 20 (Vista Externa)		Universidad Tecnica del Norte	Ingeniería en Mecatrónica
		Máquina para clasificar aguacates por su peso	LÁMINA Nº 01

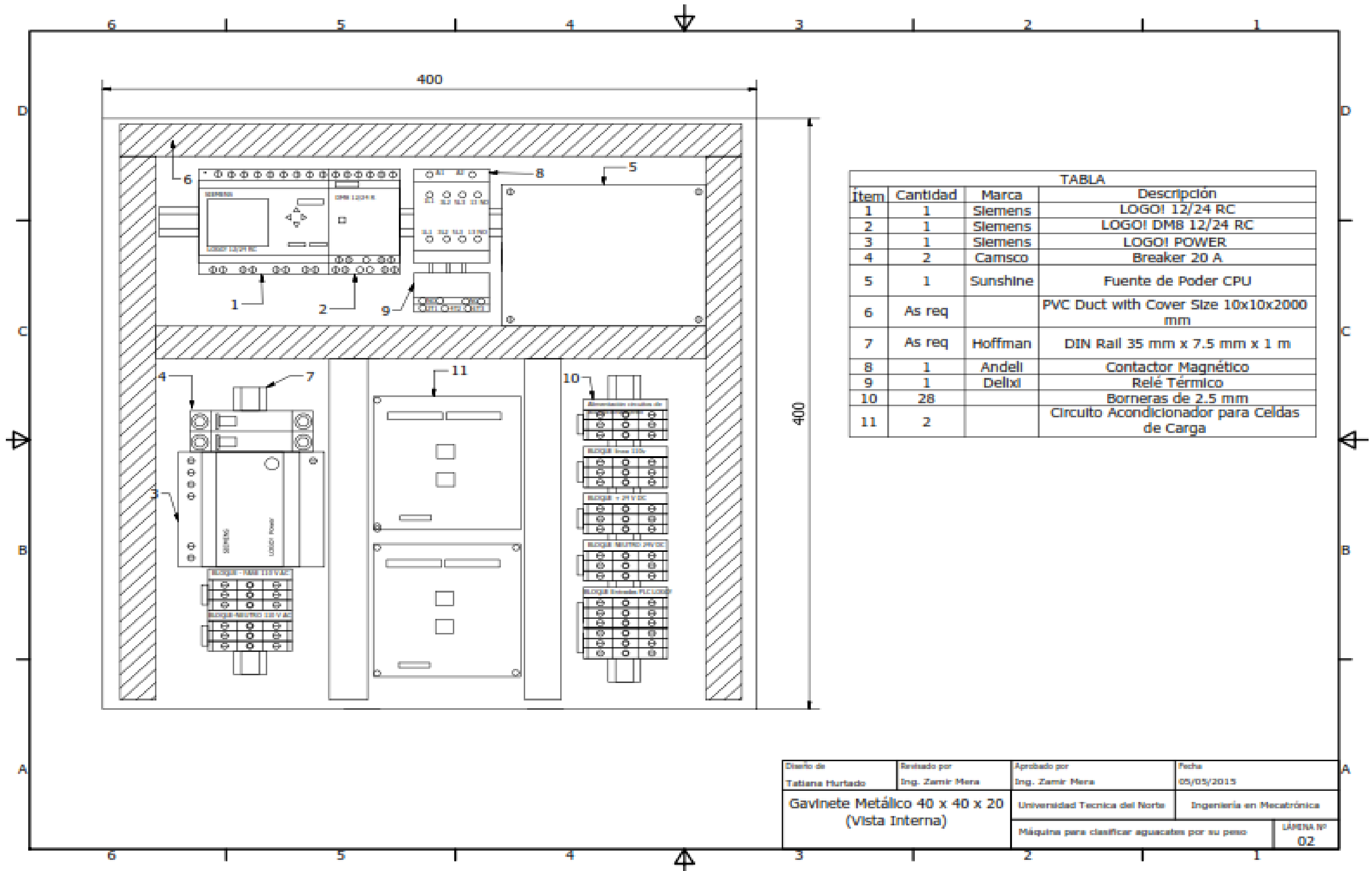
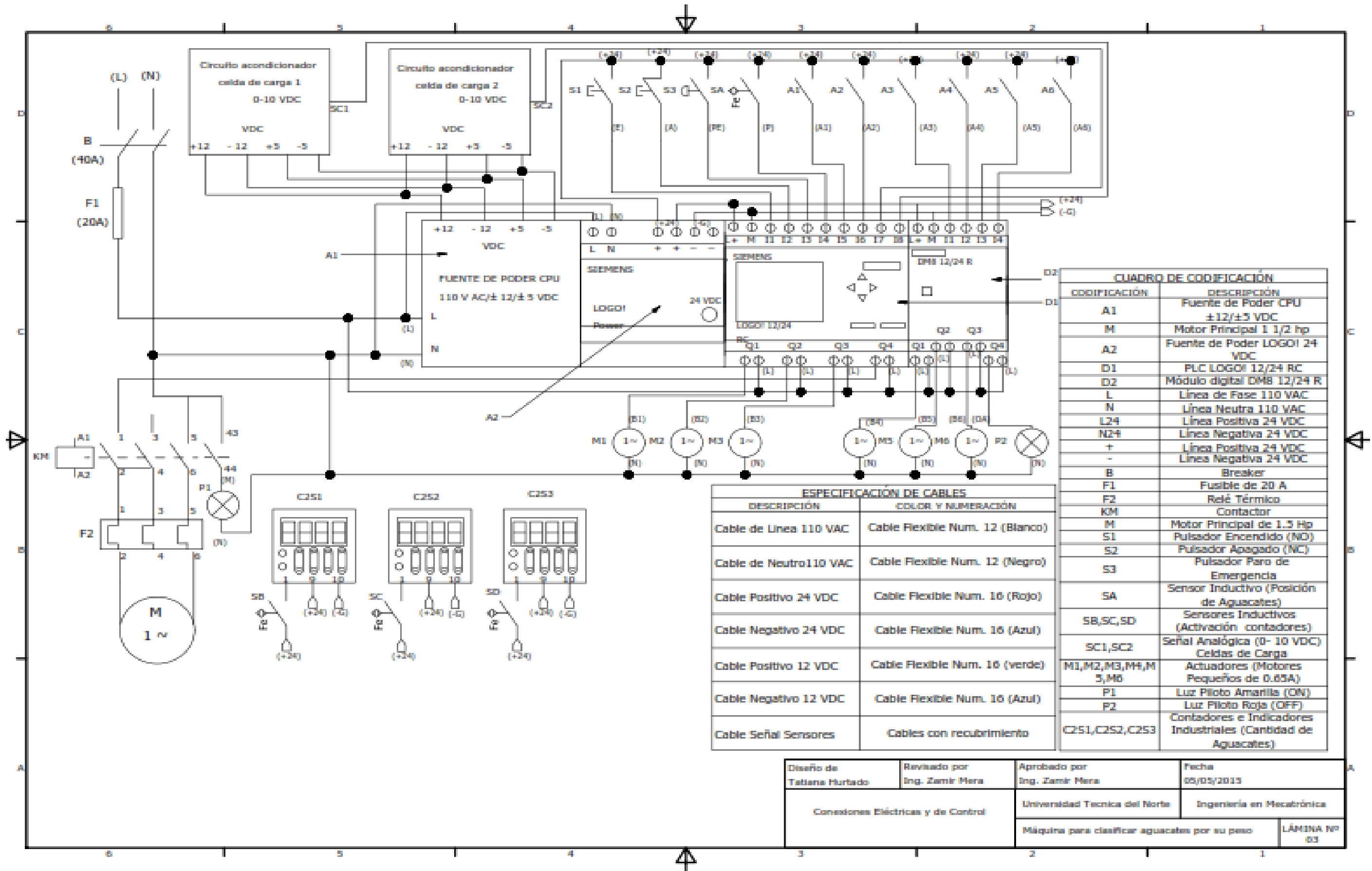


TABLA			
Item	Cantidad	Marca	Descripción
1	1	Siemens	LOGO! 12/24 RC
2	1	Siemens	LOGO! DMB 12/24 RC
3	1	Siemens	LOGO! POWER
4	2	Camsco	Breaker 20 A
5	1	Sunshine	Fuente de Poder CPU
6	As req		PVC Duct with Cover Size 10x10x2000 mm
7	As req	Hoffman	DIN Rail 35 mm x 7.5 mm x 1 m
8	1	Andeli	Contactora Magnética
9	1	Delixi	Relé Térmico
10	28		Borneras de 2.5 mm
11	2		Circuito Acondicionador para Celdas de Carga

Diseño de Tatiana Hurtado	Revisado por Ing. Zamir Mera	Aprobado por Ing. Zamir Mera	Fecha 05/05/2013
Gabinete Metálico 40 x 40 x 20 (Vista Interna)		Universidad Técnica del Norte	Ingeniería en Mecatrónica
		Máquina para clasificar aguacates por su peso	LÁMINA Nº 02



CUADRO DE CODIFICACIÓN	
CODIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
A1	Fuente de Poder CPU ±12/±5 VDC
M	Motor Principal 1 1/2 hp
A2	Fuente de Poder LOGOF 24 VDC
D1	PLC LOGOF 12/24 RC
D2	Módulo digital DM8 12/24 R
L	Línea de Fase 110 VAC
N	Línea Neutra 110 VAC
L24	Línea Positiva 24 VDC
N24	Línea Negativa 24 VDC
+	Línea Positiva 12 VDC
-	Línea Negativa 12 VDC
B	Breaker
F1	Fusible de 20 A
F2	Relé Térmico
KM	Contactora
M	Motor Principal de 1.5 Hp
S1	Pulsador Encendido (NO)
S2	Pulsador Apagado (NC)
S3	Pulsador Paro de Emergencia
SA	Sensor Inductivo (Posición de Aguacates)
SB,SC,SD	Sensores Inductivos (Activación contadores)
SC1,SC2	Señal Analógica (0- 10 VDC) Celdas de Carga
M1,M2,M3,M4,M5,M6	Actuadores (Motores Pequeños de 0.05A)
P1	Luz Piloto Amarilla (ON)
P2	Luz Piloto Roja (OFF)
C251,C252,C253	Contadores e Indicadores Industriales (Cantidad de Aguacates)

ESPECIFICACIÓN DE CABLES	
DESCRIPCIÓN	COLOR Y NUMERACIÓN
Cable de Línea 110 VAC	Cable Flexible Num. 12 (Blanco)
Cable de Neutro 110 VAC	Cable Flexible Num. 12 (Negro)
Cable Positivo 24 VDC	Cable Flexible Num. 10 (Rojo)
Cable Negativo 24 VDC	Cable Flexible Num. 16 (Azul)
Cable Positivo 12 VDC	Cable Flexible Num. 16 (verde)
Cable Negativo 12 VDC	Cable Flexible Num. 16 (Azul)
Cable Señal Sensores	Cables con recubrimiento

Diseño de Tatiana Hurtado	Revisado por Ing. Zamir Mera	Aprobado por Ing. Zamir Mera	Fecha 05/03/2015
Conexiones Eléctricas y de Control		Universidad Técnica del Norte	Ingeniería en Mecatrónica
		Máquina para clasificar aguacates por su peso	LÁMINA Nº 03

Diagrama general del circuito acondicionador de celdas de carga

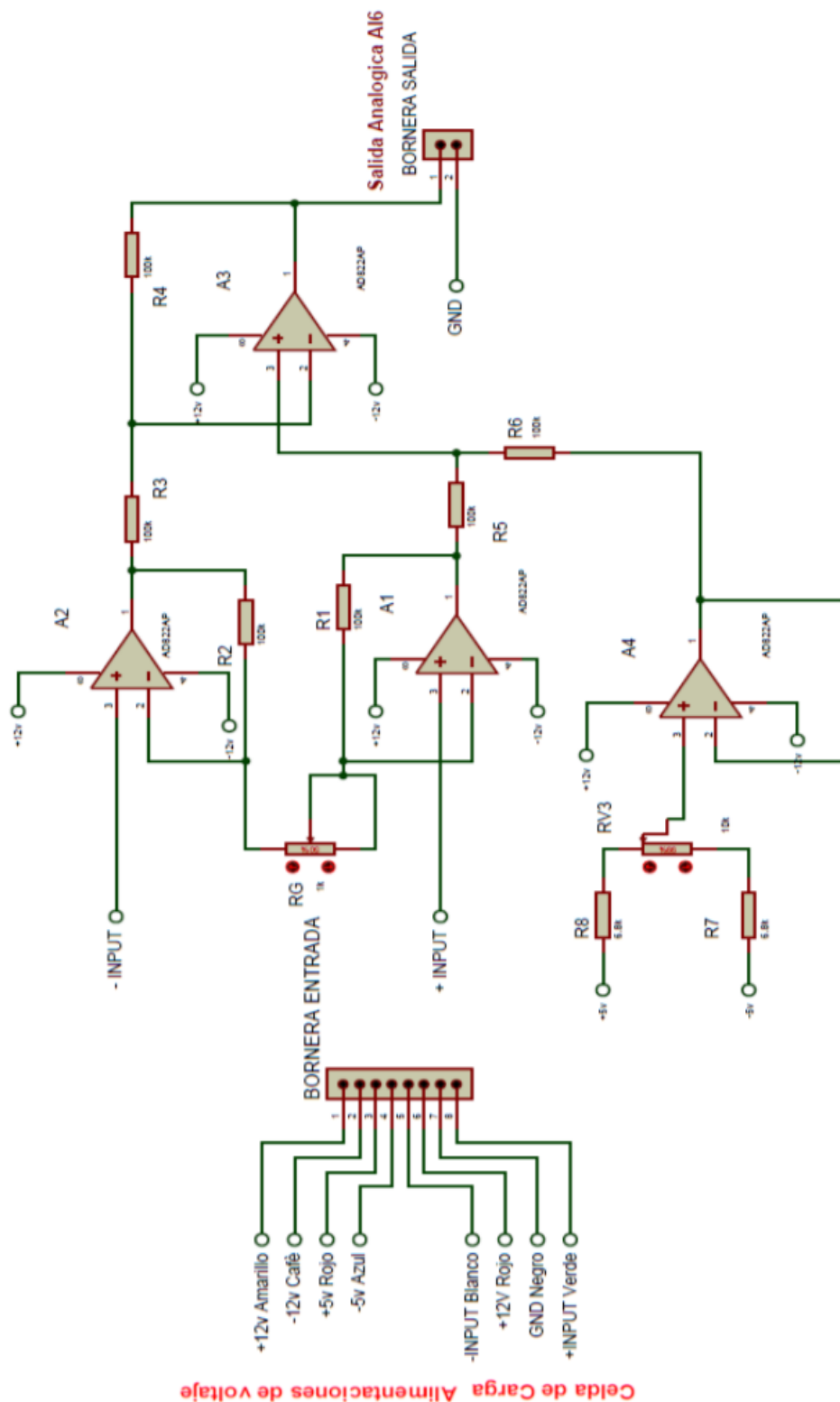
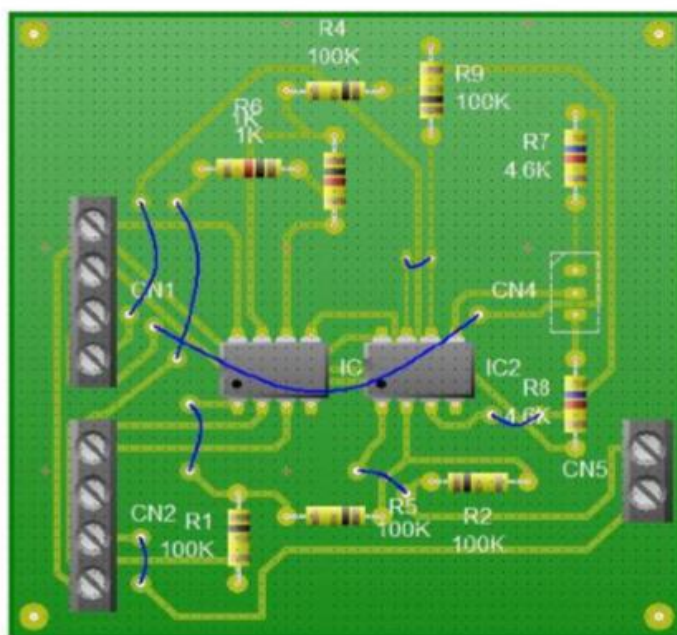
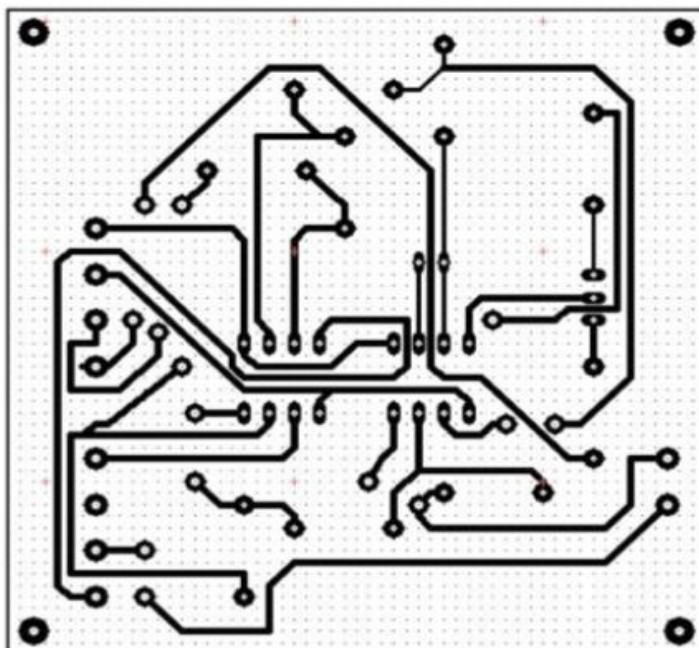
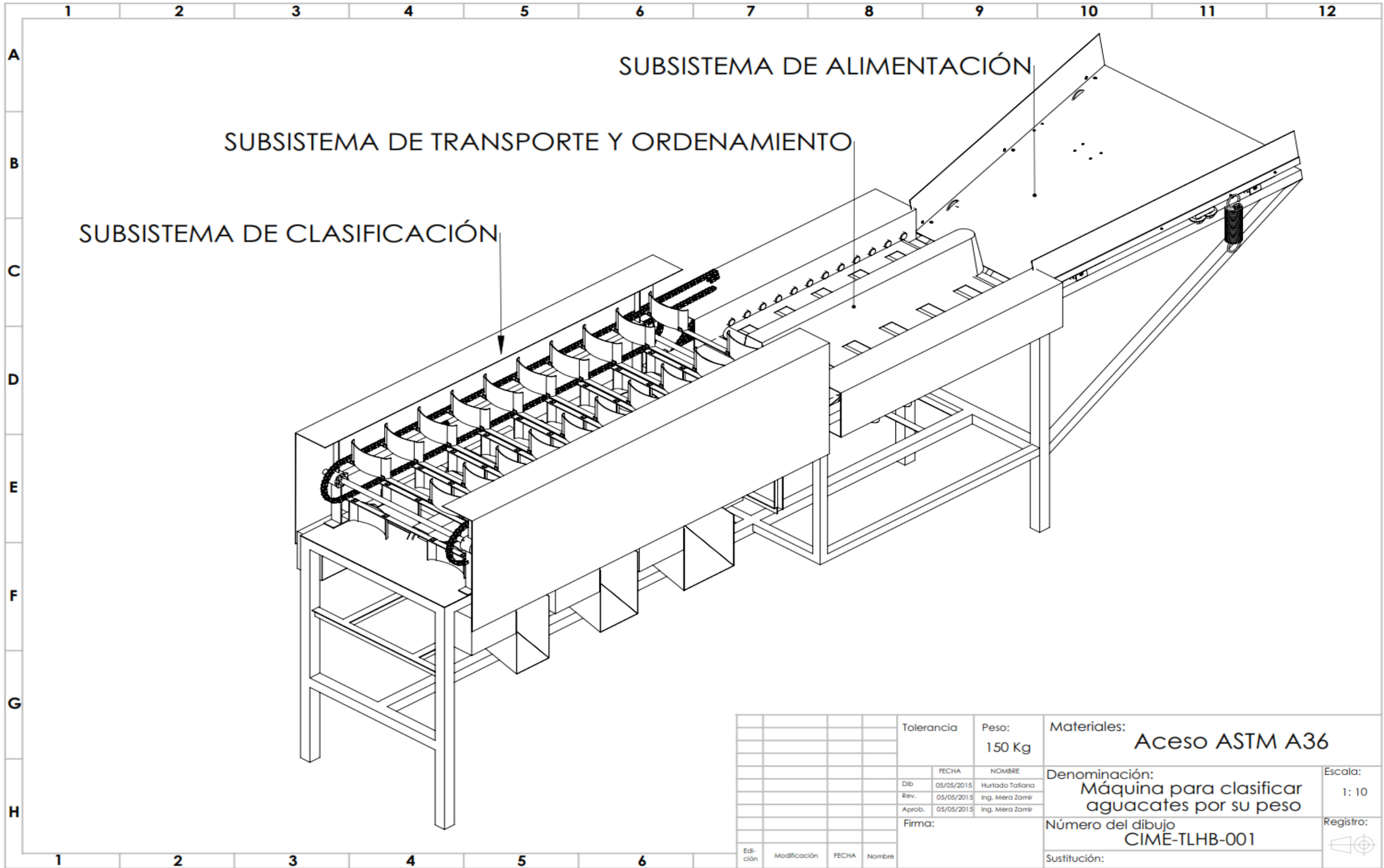


Diagrama de PCB

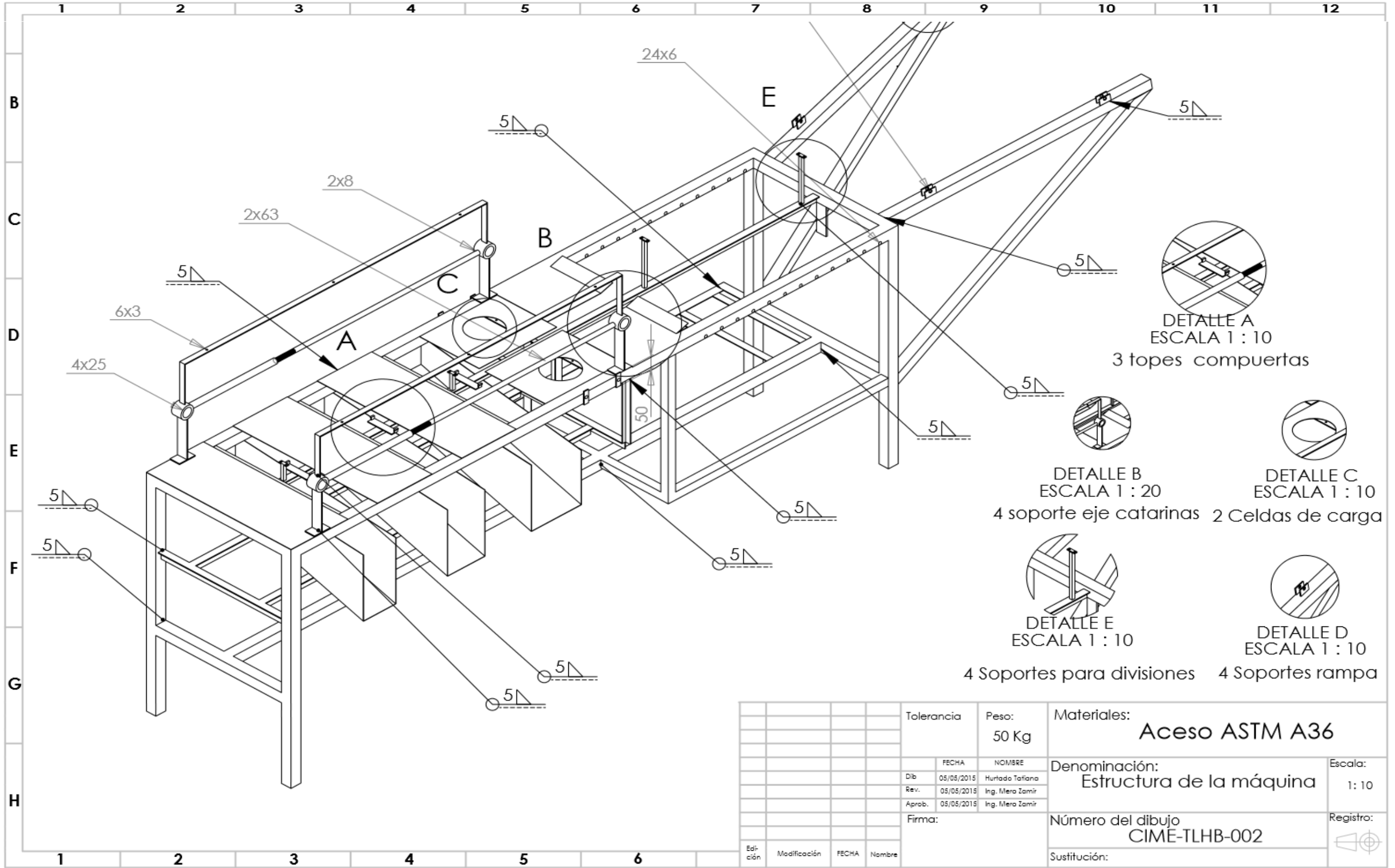


ANEXO H

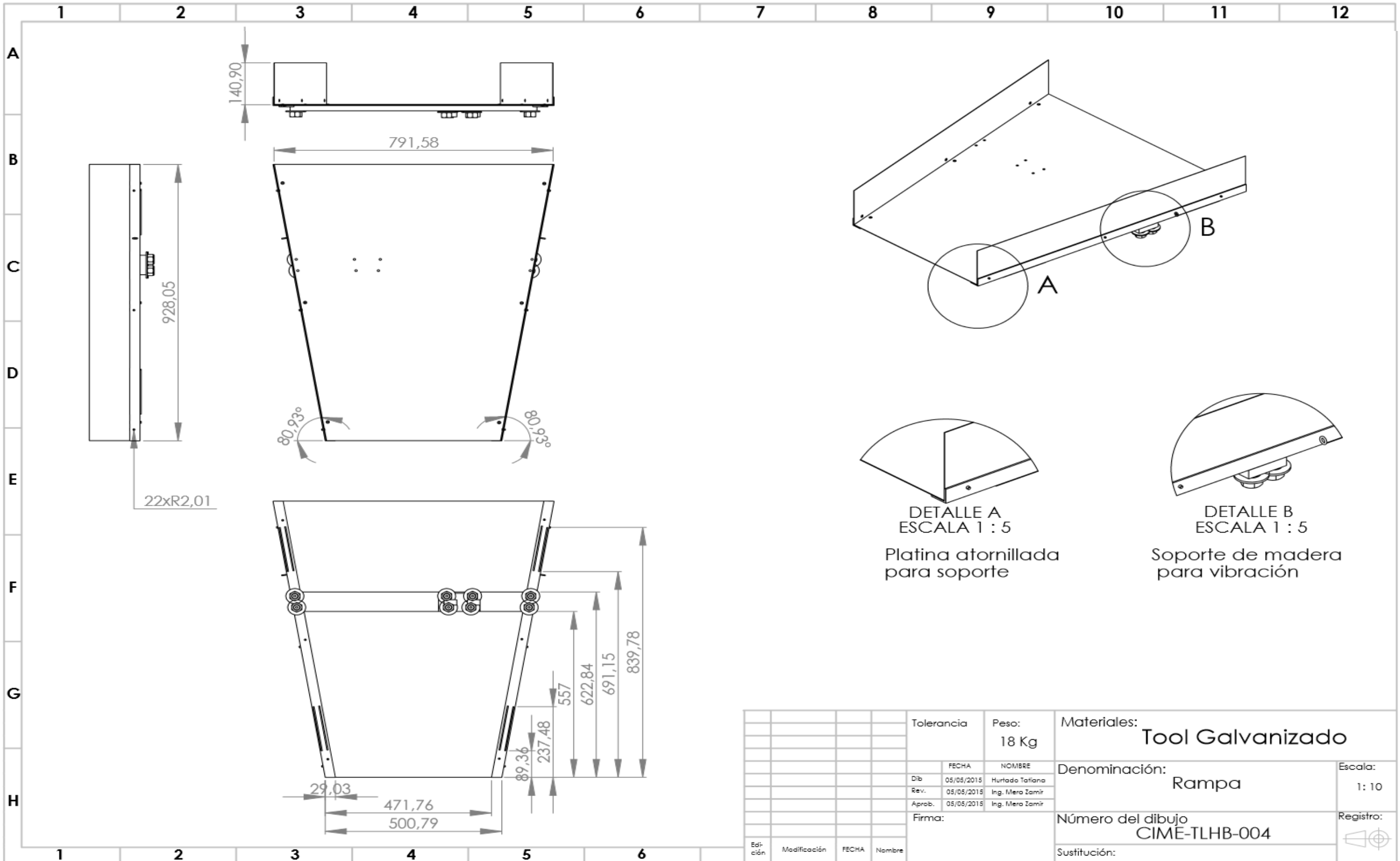
PLANOS DE LA MÁQUINA



Tolerancia		Peso: 150 Kg	Materiales: Aceso ASTM A36	
FECHA		NOMBRE		Escala: 1:10
Dib.	05/05/2015	Hurtado Tatiana		Registro:
Rev.	05/05/2015	Ing. Mera Zamir		
Aprob.	05/05/2015	Ing. Mera Zamir		
Firma:		Denominación: Máquina para clasificar aguacates por su peso		Número del dibujo CIME-TLHB-001
Edición	Modificación	FECHA	Nombre	Sustitución:



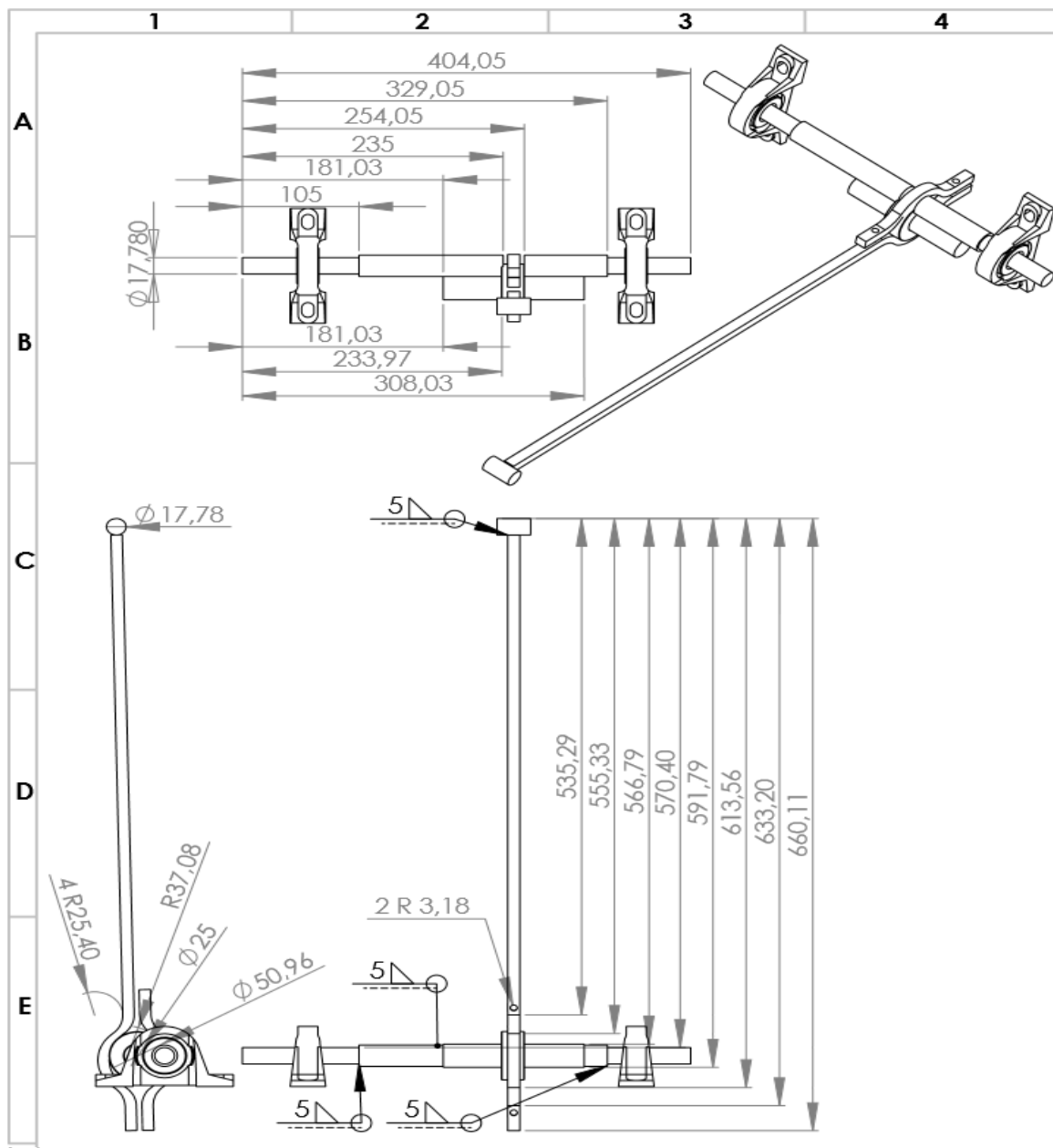
Tolerancia		Peso: 50 Kg	Materiales: Aceso ASTM A36	
Edición		FECHA	NOMBRE	Denominación: Estructura de la máquina
Modificación	FECHA	Nombre		Escala: 1:10
				Registro:
			Firma:	Número del dibujo CIME-TLHB-002
				Sustitución:



DETALLE A
ESCALA 1 : 5
Platina atornillada
para soporte

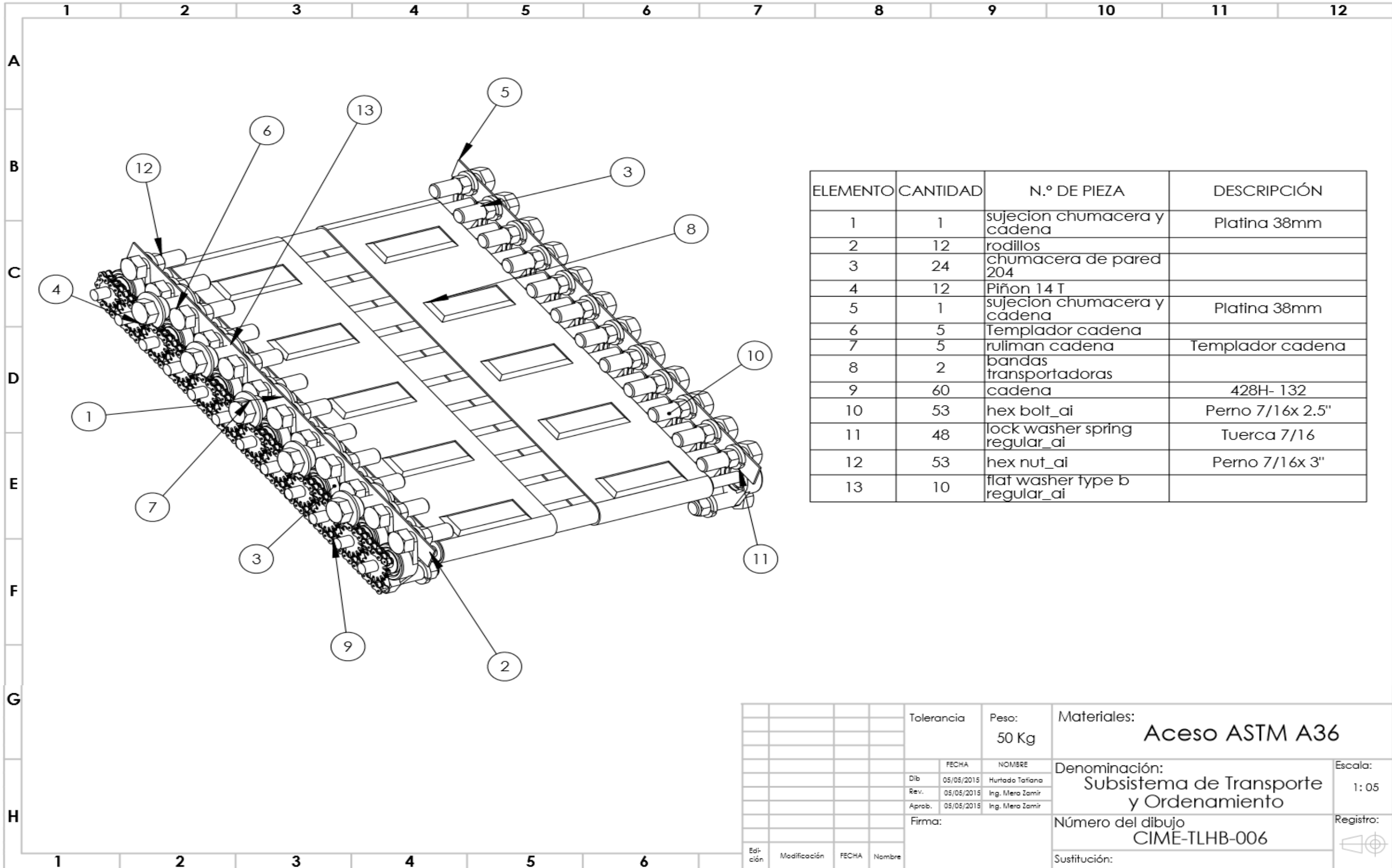
DETALLE B
ESCALA 1 : 5
Soporte de madera
para vibración

Tolerancia		Peso: 18 Kg	Materiales: Tool Galvanizado	
Edición		FECHA	NOMBRE	Denominación: Rampa
Modificación	FECHA	Nombre		Escala: 1: 10
			Firma:	Número del dibujo CIME-TLHB-004
				Registro:
				Sustitución:



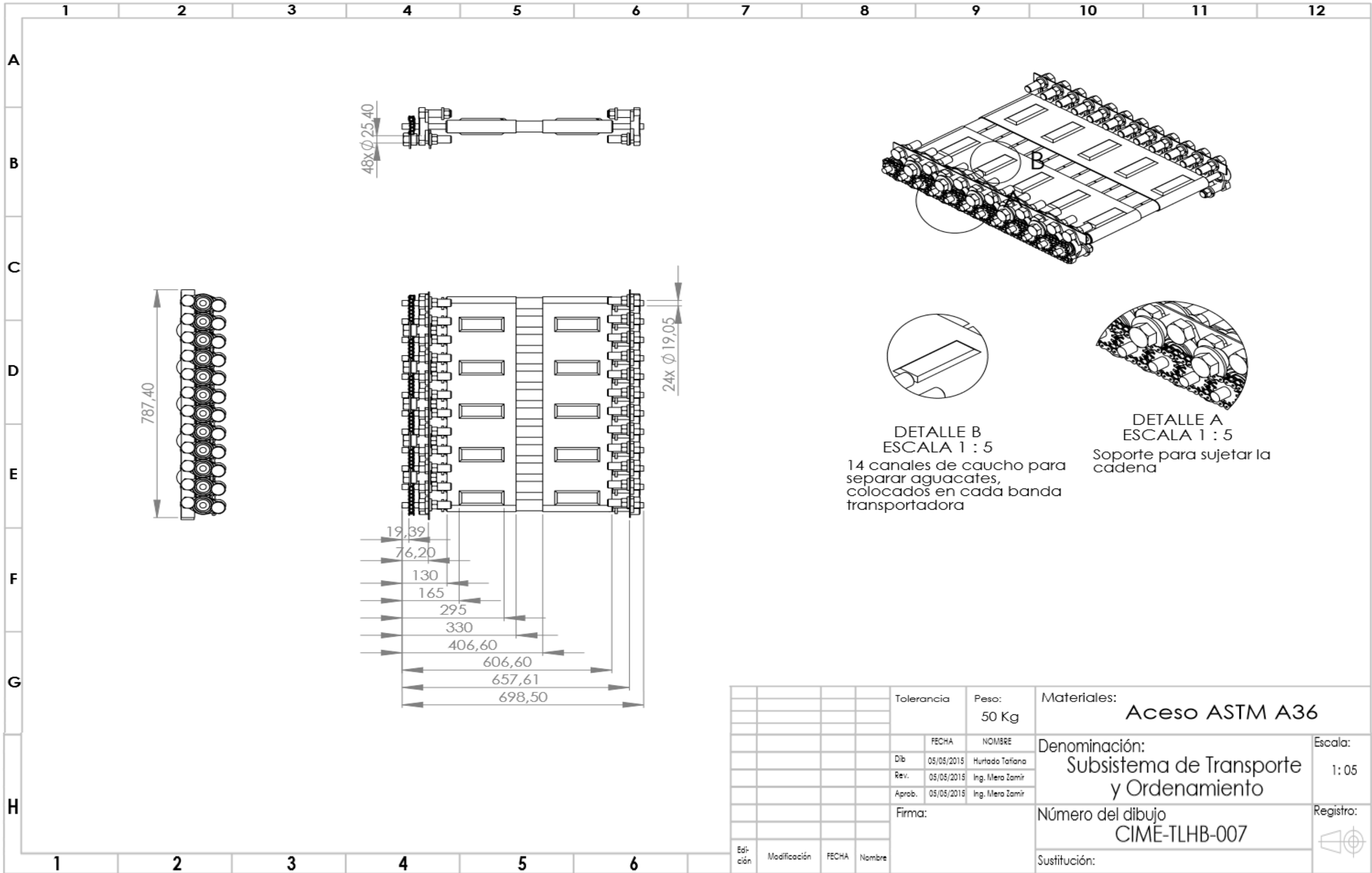
Tolerancia		Peso: 2 Kg		Materiales: Acero ASTM A36	
FECHA		NOMBRE		Denominación:	
Rev.	05/05/2015	Hurtado Tatiana		Eje para el sistema de vibración	
Dib	05/05/2015	Ing. Mera Zamir		Escala:	
Aprob.	05/05/2015	Ing. Mera Zamir		1: 5	
Firma:				Nº de dibujo:	
				CIME-TLHB-005	
Edición				Sustitución:	
Modificación	Fecha	Nombre			



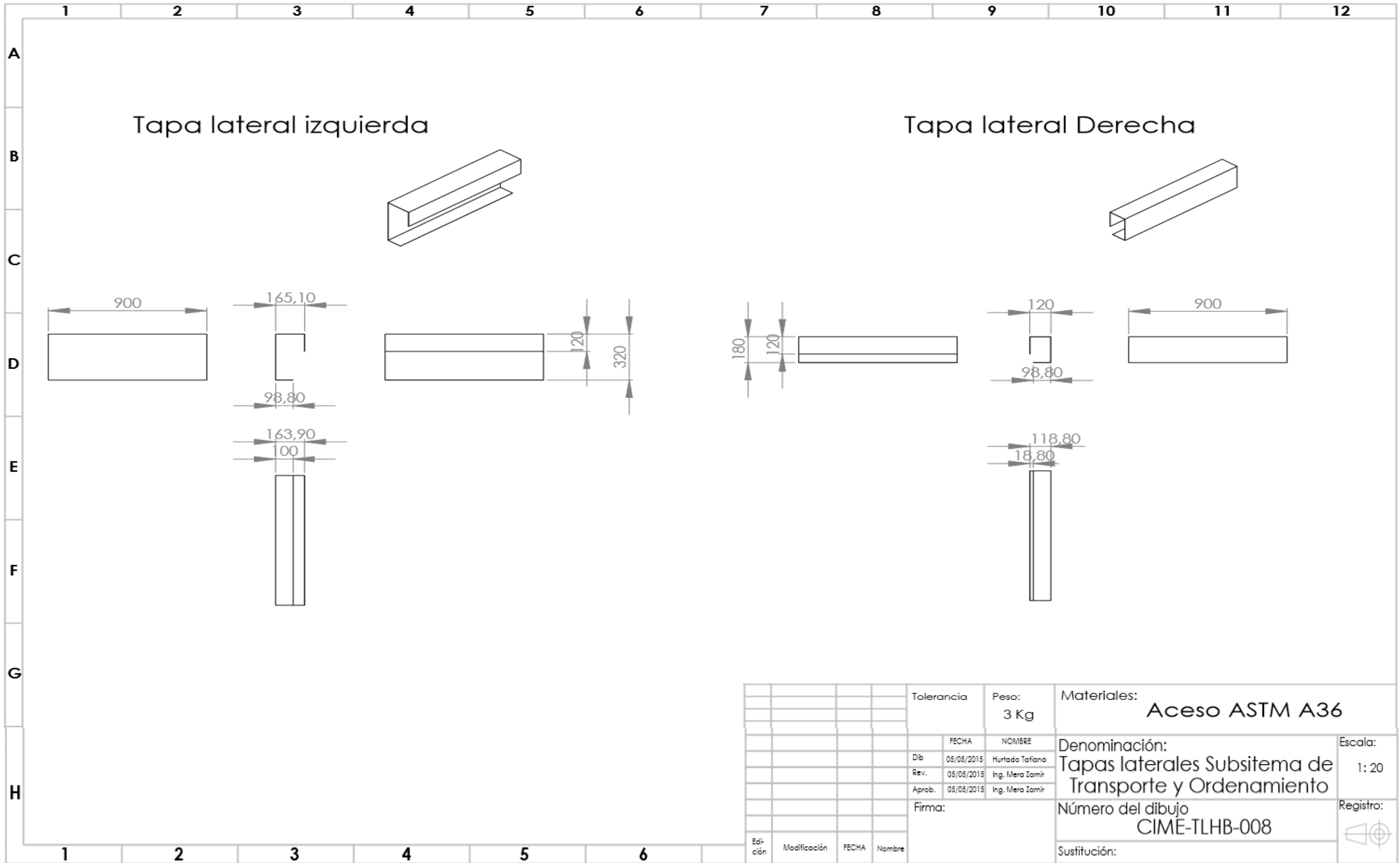


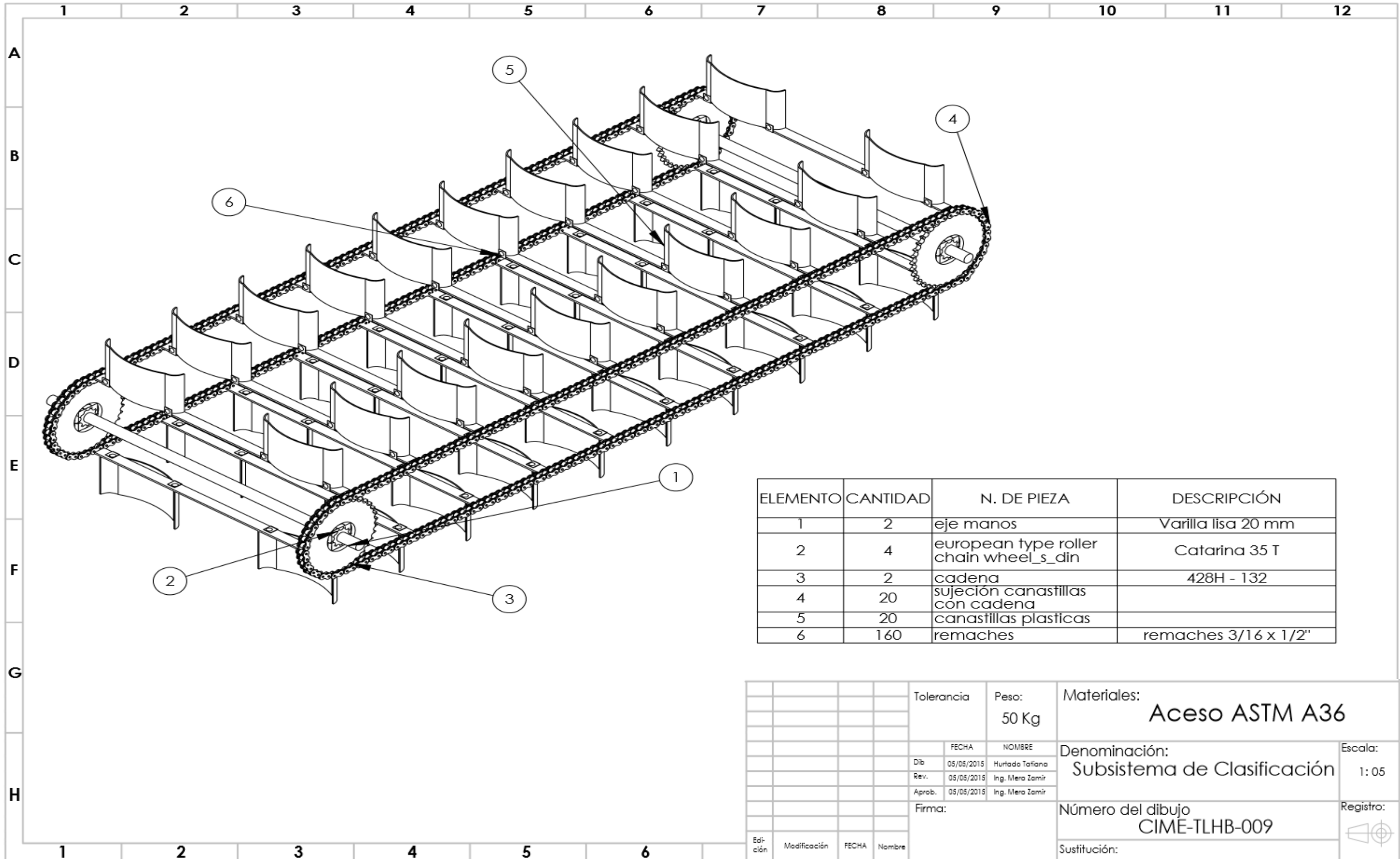
ELEMENTO	CANTIDAD	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	sujeccion chumacera y cadena	Platina 38mm
2	12	rodillos	
3	24	chumacera de pared 204	
4	12	Piñon 14 T	
5	1	sujeccion chumacera y cadena	Platina 38mm
6	5	Templador cadena	
7	5	ruliman cadena	Templador cadena
8	2	bandas transportadoras	
9	60	cadena	428H- 132
10	53	hex bolt_ai	Perno 7/16x 2.5"
11	48	lock washer spring regular_ai	Tuerca 7/16
12	53	hex nut_ai	Perno 7/16x 3"
13	10	flat washer type b regular_ai	

Tolerancia		Peso:	Materiales:	Aceso ASTM A36	
		50 Kg			
FECHA		NOMBRE		Denominación:	
Dib	05/05/2015	Hurtado Tatiana			Subsistema de Transporte y Ordenamiento
Rev.	05/05/2015	Ing. Mero Zamir			
Aprob.		Ing. Mero Zamir		Escala:	
Firma:		Número del dibujo		1: 05	
		CIME-TLHB-006		Registro:	
Edición		Sustitución:			
Modificación	FECHA				
Nombre					



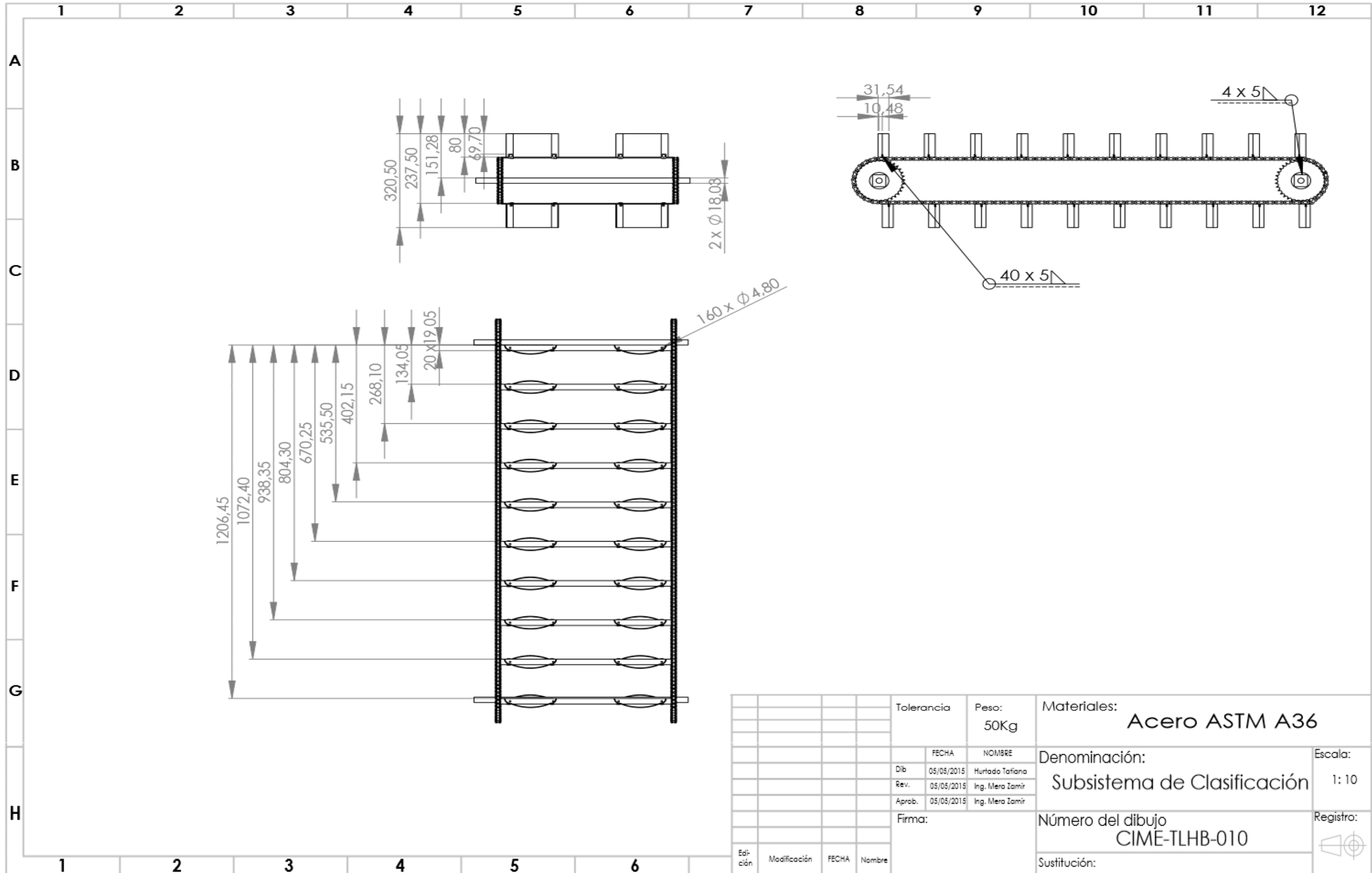
		Tolerancia	Peso: 50 Kg	Materiales: Aceso ASTM A36	
			FECHA	NOMBRE	Denominación: Subsistema de Transporte y Ordenamiento
		Dib	05/05/2015	Hurtado Tofano	Escala: 1: 05
		Rev.	05/05/2015	Ing. Mero Zamir	Número del dibujo CIME-TLHB-007
		Aprob.	05/05/2015	Ing. Mero Zamir	
		Firma:			Registro:
Edi- ción	Modificación	FECHA	Nombre		Sustitución:



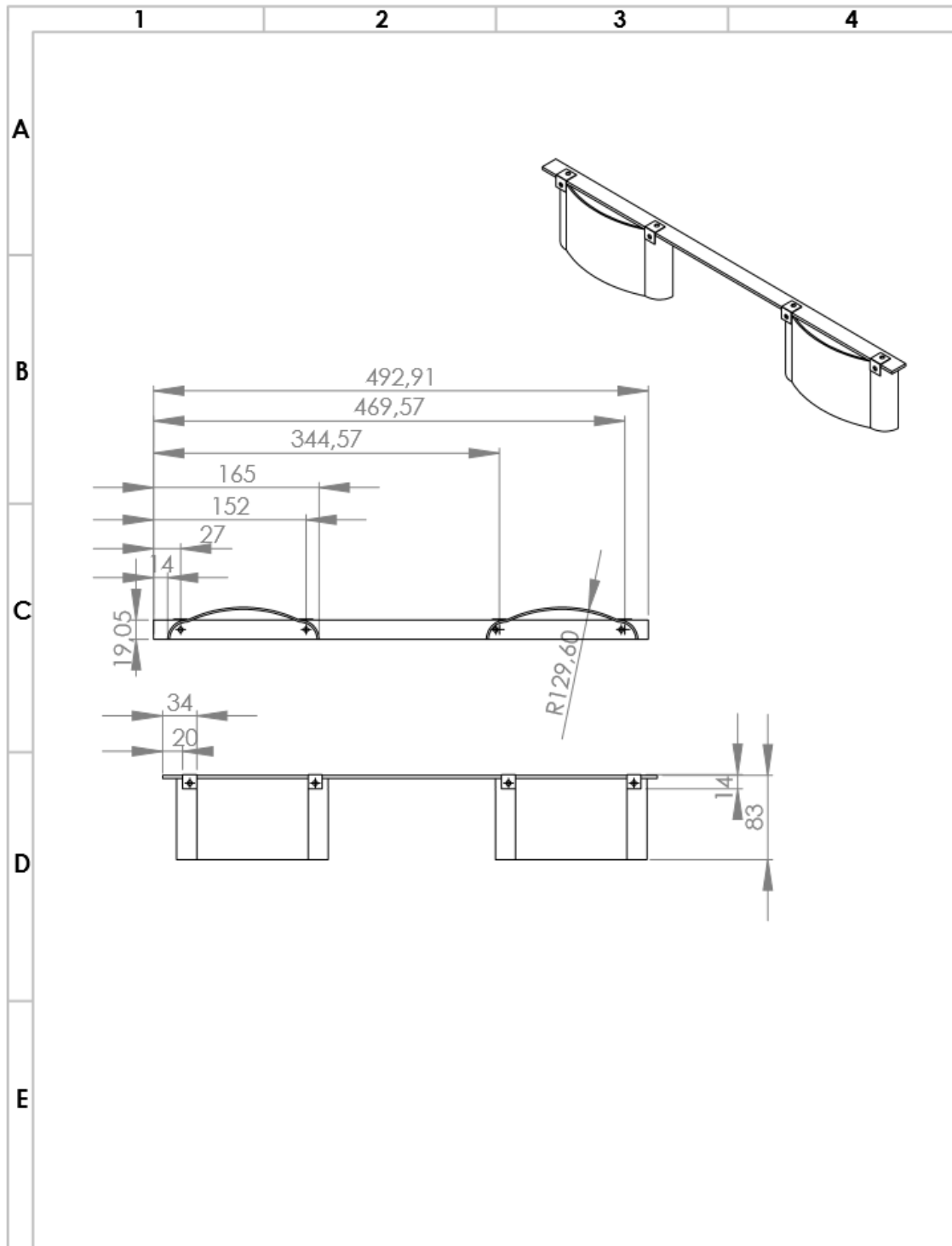


ELEMENTO	CANTIDAD	N. DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	eje manos	Varilla lisa 20 mm
2	4	european type roller chain wheel_s_din	Catarina 35 T
3	2	cadena	428H - 132
4	20	sujeción canastillas con cadena	
5	20	canastillas plasticas	
6	160	remaches	remaches 3/16 x 1/2"

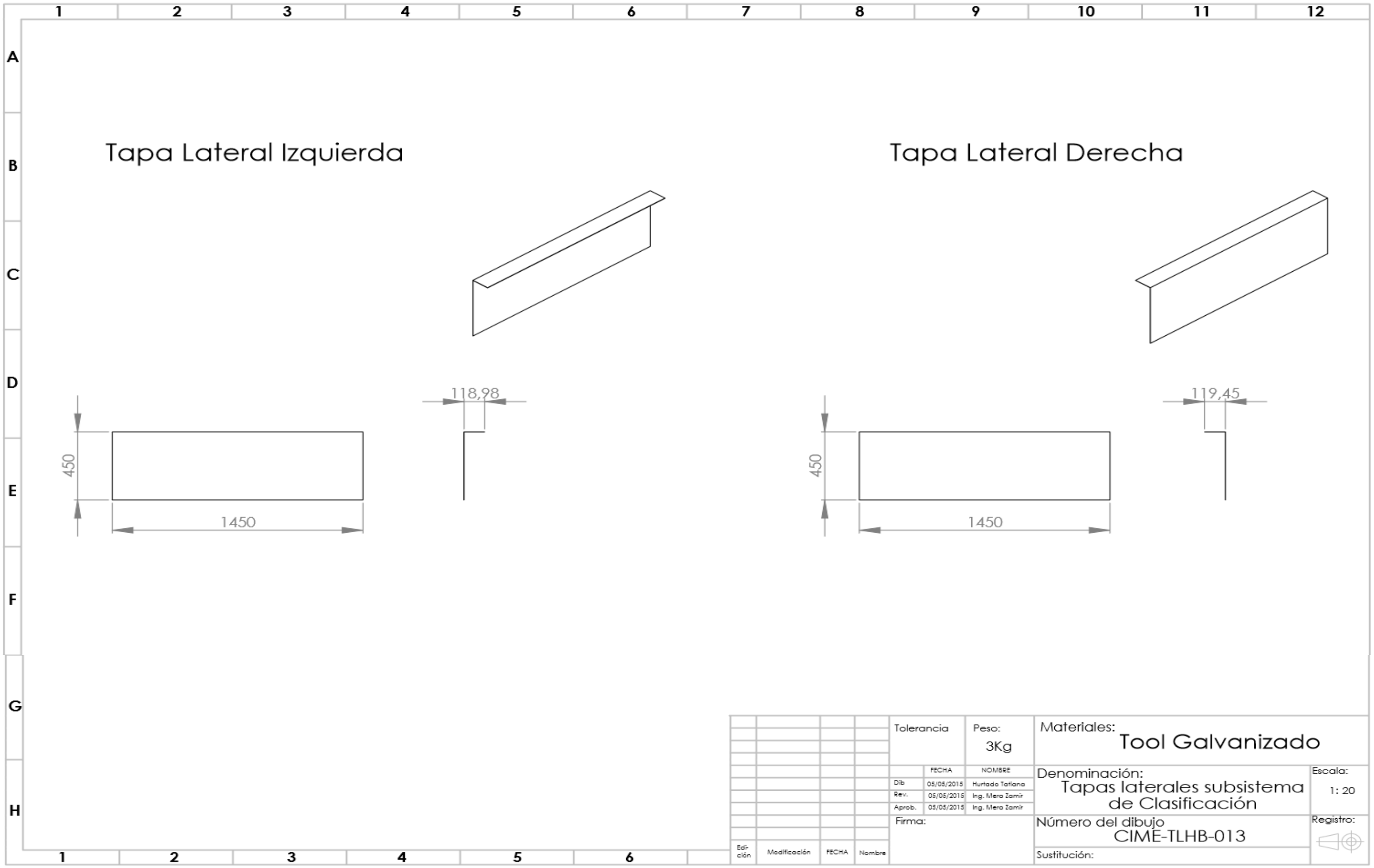
Tolerancia		Peso:	Materiales:	
		50 Kg	Aceso ASTM A36	
		FECHA	NOMBRE	Denominación:
Dib	05/05/2015	Hurtado Tatiana		Subsistema de Clasificación
Rev.	05/05/2015	Ing. Miera Zamir		
Aprob.	05/05/2015	Ing. Miera Zamir		
Firma:		Número del dibujo		Registro:
		CIME-TLHB-009		
Sustitución:				
Edición	Modificación	FECHA	Nombre	



				Tolerancia	Peso: 50Kg	Materiales: Acero ASTM A36	
						Denominación:	Escala:
						Subsistema de Clasificación	1: 10
						Número del dibujo	Registro:
						CIME-TLHB-010	
						Sustitución:	
Edi- ción	Modificación	FECHA	Nombre				



				Tolerancia	Peso: 0.5kg	Materiales: Plástico y Metal		
				FECHA	NOMBRE	Denominación:		
				Rev.	05/05/2015	Hurtado Tatiana	Escala:	
				Dib.	05/05/2015	Ing. Mera Zamir	1:05	
				Aprob.	05/05/2015	Ing. Mera Zamir		
				Firma:		Nº de dibujo:		
						CIME-TLHB-011		
				Sustitución:				
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre					



Tolerancia		Peso:	Materiales:	Tool Galvanizado		
		3Kg				
	FECHA	NOMBRE	Denominación:	Escala:		
Dib.	05/05/2015	Hurtado Tatiana			Tapas laterales subsistema de Clasificación	1: 20
Rev.	05/05/2015	Ing. Mero Zamir				
Aprob.	05/05/2015	Ing. Mero Zamir	Número del dibujo	Registro:		
Firma:					CIME-TLHB-013	
Edición	Modificación	FECHA	Nombre	Sustitución:		