



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRIZ

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CORTE CON PLASMA
PARA EL TALLER DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ”



AUTOR:

Aguirre Zuleta Diego Plutarco

DIRECTOR:

Ing. Hernández Rueda Erik Paul MSc.

Ibarra - Ecuador

2025



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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:	DE	1004740930	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Aguirre Zuleta Diego Plutarco	
DIRECCIÓN:		Ibarra, San Cristobal	
EMAIL:		dpaguirrez@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	(2) - 652374	TELF. MOVIL	0959599574

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CORTE CON PLASMA PARA EL TALLER DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
AUTOR (ES):	Aguirre Zuleta Diego Plutarco
FECHA: AAAAMMDD	2025/04/22
SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACIÓN	
CARRERA/PROGRAMA:	☒ GRADO ☐ POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA AUTOMOTRIZ
DIRECTOR:	Ing. Hernández Rueda Erik Paul MSc.
ASESOR:	Ing. Melo Obando Jorge Luis MSc.



AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Aguirre Zuleta Diego Plutarco, con cédula de identidad Nro. 1004740930, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular 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.

Ibarra, a los 22 días del mes de abril de 2025

EL AUTOR:

Aguirre Zuleta Diego Plutarco



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días, del mes de abril de 2025

EL AUTOR:

Aguirre Zuleta Diego Plutarco



CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 22 de abril de 2025

Ing. Hernández Rueda Erik Paul MSc.
 DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

(f) ... *Erik Paul Hernández* ...
 Ing. Hernández Rueda Erik Paul MSc.
 C.C.: 1002978060



APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “IMPLEMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE CORTE CON PLASMA PARA EL TALLER DE PROCESOS DE MANUFACTURA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ” elaborado por Aguirre Zuleta Diego Plutarco, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): 

Ing. Hernández Rueda Erik Paul MSc.
 C.C.: 1002978060

(f): 

Ing. Melo Obando Jorge Luis MSc.
 C.C.: 1718346529



DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a Dios, a mis padres, hermanas, sobrinos, amigos que me apoyaron en malos como buenos momentos y a las personas que me enseñaron, educaron, me hicieron dar cuenta de mis errores, a los que tuvieron la paciencia de enseñarme y adecuarme a las circunstancias adversas. A todas las personas que creyeron y las que no creyeron en mí se las dedico.

Diego Aguirre



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mis padres, hermanas, sobrinos, amigos que me apoyaron en malos como buenos momentos y a las personas que me enseñaron, educaron, me hicieron dar cuenta de mis errores, a los que tuvieron la paciencia de enseñarme y adecuarme a las circunstancias adversas. A todas las personas que creyeron y las que no creyeron en mí se los agradezco porque cada uno de ellos aportó a que yo llegara donde estoy ahora.

Diego Aguirre



RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se experimentó la diferencia de cortes por chorro térmico manuales variando diferentes los parámetros de corte en una estación de corte para la carrera de Ingeniería Automotriz empleando el equipo plasma ALPHA modelo PL 1070 M2X y el equipo de oxicorte, tales como: velocidad de corte, amperaje en el equipo plasma, presión de gases en el equipo de oxicorte, obteniendo valores para determinar la calidad de corte el acero ASTM A36 es un ejemplo de material utilizado a nivel industrial, acero inoxidable, acero estructural tipo G, aluminio, T1A anti abrasivo y chapa de cobre. El proceso metodológico empieza con la selección de materiales y de los equipos, a su vez de elaborar un proceso de corte tanto para el oxicorte y para el corte plasma; a su vez se plantea el diseño de las probetas y su identificación mediante un código. Además, se establece los parámetros de corte y condiciones para determinar la calidad de corte y determinado el consumo energético, así como los costos de operatividad. En base se obtuvieron los siguientes resultados acerca de la velocidad de corte: cobre ($e=0,66$ mm) de 0,26 cm/s, el acero A36 ($e=2$ mm) de 0,41 cm/s, el aluminio ($e=3,26$ mm) de 0,18 cm/s y por último el T1A ($e= 8,2$ mm) de 0,04 cm/s, en el caso de la llama neutra su velocidad será menor. Ahora con el corte plasma sus velocidades tienen a aumentar conforme el amperaje sea mayor, por ejemplo, con 65 A las velocidades de corte fueron las siguientes: el cobre ($e=0,66$ mm) de 7,86 cm/s, el acero A36 ($e=2$ mm) de 1,01 cm/s, el aluminio ($e=3,26$ mm) de 1,56 cm/s y por último el T1A ($e= 8,2$ mm) de 0,78 cm/s. Por lo tanto, al usar el plasma las velocidades de corte aumentan, disminuyendo el tiempo de corte lo que beneficia a los costos de operatividad.

Palabras clave: Probetas, Oxicorte, Corte Plasma, Temperaturas, Velocidad de corte, Calidad, Costos.



ABSTRACT

In the present investigation the difference of manual thermal jet cutting was experimented by varying different cutting parameters in a cutting station for the Automotive Engineering career using ALPHA plasma equipment model PL 1070 M2X and oxyfuel equipment, such as: cutting speed, amperage in the plasma equipment, gas pressure in the oxyfuel equipment, obtaining values to determine the cutting quality in the materials used at industrial level, such is the case of ASTM A36 steel, stainless steel, structural steel type G, aluminum, T1A anti abrasive and copper plate. The methodological process begins with the selection of materials and equipment, as well as the elaboration of a cutting process for both oxyfuel and plasma cutting; in turn, the design of the specimens and their identification by means of a code is proposed.

In addition, the cutting parameters and conditions are established to determine the cutting quality and energy consumption, as well as the operating costs. Based on this, the following results were obtained about the cutting speed: copper ($e=0.66$ mm) of 0.26 cm/s, A36 steel ($e=2$ mm) of 0.41 cm/s, aluminum ($e=3.26$ mm) of 0.18 cm/s and finally the T1A ($e= 8.2$ mm) of 0.04 cm/s, in the case of neutral flame its speed will be lower. Now with plasma cutting their speeds have to increase as the amperage is higher, for example, with 65 A the cutting speeds were as follows: copper ($e=0.66$ mm) of 7.86 cm/s, steel A36 ($e=2$ mm) of 1.01 cm/s, aluminum ($e=3.26$ mm) of 1.56 cm/s and finally the T1A ($e= 8.2$ mm) of 0.78 cm/s. Therefore, by using plasma, cutting speeds increase, decreasing cutting time, which benefits operating costs.

Keywords: Specimens, Oxyfuel, Plasma cutting, Temperatures, Cutting speed, Quality, Costs.



LISTA DE SIGLAS

ISO: Organización Internacional de Normalización

UNE: Asociación Española de Normalización

VCA: Voltaje de Corriente Alterna

VCC: Voltaje de Corriente Continua

AWS: Sociedad Americana de Soldadura

SMAW: Soldadura por arco metálico protegido

CNC: Control Numérico por Computadora

AISI: Instituto Americano del Hierro y Acero

ASTM: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales

SAE: Sociedad de Ingenieros Automáticos

NTE: Normas Tecnológicas de la Edificación

INEN: Instituto Ecuatoriano de Normalización

MNC: Material No Cortado

OFC: Oxicorte

PAC: Corte por Arco de Plasma



ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁG.
RESUMEN EJECUTIVO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE SIGLAS	11
ÍNDICE DE CONTENIDOS	12
ÍNDICE DE TABLAS	18
ÍNDICE DE FIGURAS	19
ÍNDICE DE ECUACIONES	21
ÍNDICE DE ANEXOS	22
CAPÍTULO I	23
1. INTRODUCCIÓN	23
1.1. Problema de investigación.	23
1.2. Objetivos	23
1.2.1. Objetivo General	23
1.2.2. Objetivos Específicos.....	23
1.3. Alcance	24
1.4. Justificación	24
1.5. Hipótesis	25
1.6. Antecedentes	25
CAPITULO II	27
2. MARCO TEÓRICO.....	27
2.1. La Manufactura	27
2.1.1. Definición de la Manufactura	27
2.1.2. Los Procesos de Manufactura	27
2.1.3. El Proceso de Producción a Mano y con Máquinas.....	28
2.1.4. Tipos de Procesos de Producción	28
2.1.4.1. Repetitivo.....	28
2.1.4.2. Discreto.....	28
2.1.4.3. Continuo.....	28
2.1.4.4. Basado en Lotes.	29
2.1.4.5. Talleres.....	29
2.1.5. Los Procesos de Manufactura	29
2.1.5.1. Procesos primarios.....	29



2.1.5.2. Procesos secundarios.	31
2.1.5.3. Procesos terciarios.	33
2.2. El Plasma	34
2.2.1. La Concentración de Partículas en el Plasma	34
2.2.2. Grado y frecuencia de ionización	35
2.2.3. Temperatura	35
2.2.4. Neutralidad y especies presentes	35
2.3. Formación de un Plasma.....	35
2.4. Tipos de Plasma	36
2.4.1. Plasma frío	36
2.4.2. Plasma caliente.....	36
2.5. Ejemplos de Plasma	36
2.6. Aplicaciones Tecnológicas del Plasma	36
2.7. Características del Corte Plasma.....	37
2.7.1. Función del Gas para Corte Plasma	37
2.7.1.1. Gases de Marcado.	37
2.7.1.2. Gases de Ignición.....	37
2.7.1.3. Gases Secundario o de Protección.	37
2.7.1.4. Gases Plasma Génico.....	38
2.7.1.5. Gases de Corte.	38
2.7.2. Tipo de Gases de Protección en Corte Plasma.....	38
2.7.2.1. Descripción:	38
2.8. Calidad de Corte	38
2.8.1. Espesor de Corte y Potencia de Corte Necesaria	39
2.8.2. Características Operacionales de Cortadora Plasma.....	39
2.9. Aplicaciones Sobre el Corte de Plasma	39
2.9.1. Biselado.....	39
2.9.2. Corte y Cincelado de Largo Alcance	40
2.9.3. Corte de Superficies.....	40
2.10. Normativa Aplicada a Corte de Materiales.....	41
2.10.1. Normativa para Corte Plasma	41
2.10.2. Normativa para Riesgo de Estallido de Herramientas de un Equipo de Trabajo..	42
2.10.3. Normativa para Partes del Equipo con Temperaturas Elevadas	43
2.10.4. Normativa para Riesgos de Explosión.....	43



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



2.10.5. Normativa para Riesgos Eléctricos	43
2.10.6. Normativa para Ruidos, Vibraciones y Radiaciones	43
CAPÍTULO III.....	44
3. MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. Materiales.....	44
3.1.1. Implementos de Seguridad.....	44
3.1.1.1. Guantes.	44
3.1.1.2. Máscara de Soldadura.	44
3.1.1.3. Mandil de Cuero.	45
3.1.2. Selección de Placas Metálicas	46
3.1.2.1. Acero ASTM A36.....	46
3.1.2.2. Acero Inoxidable AISI 304.....	46
3.1.2.3. Perfil Estructural G.	48
3.1.2.4. Aluminio (Plancha antideslizante).....	48
3.1.2.5. T1A Anti Abrasivo.	49
3.1.2.6. Chapa de Cobre.....	49
3.1.3. Equipo de Oxicorte	50
3.1.3.1. Soplete.....	51
3.1.3.2. Encendedor.	51
3.1.3.3. Cilindros.....	51
3.1.3.4. Manorreductores.	52
3.1.3.5. Mangueras.....	53
3.1.3.6. Válvula Antirretorno.....	53
3.1.4. Cortadora Plasma ALPHA.....	53
3.1.4.1. Soplete o Pistola de Corte.....	54
3.1.4.2. Manómetro de Presión de Aire.	54
3.1.4.3. Trampa de Humedad.....	55
3.1.4.4. Pinza de Tierra.	55
3.2. Métodos.....	56
3.2.1. Investigación Experimental	58
3.2.2. Técnicas	58
3.2.2.1. Observación Experimental.....	58
3.2.2.2. Análisis de Manuales.	58
3.2.2.3. Recolección de Datos.....	58



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



3.3. Diseño de la estación de corte.....	58
3.4. Métodos de Corte.....	60
3.5. Preparación de Probetas.....	60
3.5.1. Dimensionamiento de Probetas.....	60
3.5.2. Identificación de Probetas.....	61
3.5.2.1. Identificación de cada probeta.	62
3.6. Parámetros de Corte.....	63
3.6.1. Parámetros para el oxicorte.....	63
3.6.2. Parámetros para el corte plasma	63
3.7. Proceso de oxicorte.....	65
3.7.1. Selección de la Probeta y Verificación de los Datos	66
3.7.2. Ubicación de la Probeta en la Mesa de Trabajo.....	66
3.7.3. Preparación del Equipo	67
3.7.4. Condiciones para el Oxicorte.....	68
3.7.5. Encendido del equipo y configuración de la llama de oxicorte	69
3.7.6. Procedimiento de corte	69
3.8. Proceso de Corte Plasma.....	70
3.8.1. Selección y Verificación de Datos de la Probeta.....	70
3.8.2. Ubicación de la Probeta en la Mesa de Trabajo.....	71
3.8.3. Preparación del Equipo	71
3.8.3.1. Requisitos de conexión del cable de alimentación.	71
3.8.3.2. Interruptor de desconexión de línea.	71
3.8.3.3. Conexión de la pistola de corte.	72
3.8.3.4. Conexión del cable de tierra.	72
3.8.3.5. Conexión de la manguera aire a presión.	72
3.8.4. Condiciones para el Corte por Plasma.....	72
3.8.5. Encendido y Configuración del Equipo.....	73
3.8.6. Procedimiento de Corte.....	73
3.9. Calidad de Corte	74
3.9.1. Calidad del oxicorte	74
3.9.2. Calidad del corte por plasma.....	76
3.10. Desgaste de Material (Ancho de corte).....	77
3.11. Consumo Energético.....	77
3.11.1. Consumo de gases por equipo de oxicorte.....	77



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



3.11.2. Consumo Energético por equipo plasma	78
3.12. Costos de Operación	78
3.12.1. Costos de Energía	79
3.12.1.1. Costos por oxicorte.	79
3.12.1.2. Costos por corte plasma.	79
3.12.2. Costos de gases y consumibles	79
3.12.3. Mano de obra operativa	80
CAPITULO IV	81
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	81
4.1. Construcción de la estación de corte.....	81
4.2. Resultados de Corte con Acero A36.....	81
4.2.1. Calidad de Corte en Acero A36.....	82
4.2.2. Desgaste de Material en Acero A36	83
4.3. Resultados de Corte con Acero Inoxidable.....	84
4.3.1. Calidad de Corte en Acero Inoxidable.....	85
4.3.2. Desgaste de Material en Acero Inoxidable	85
4.4. Resultados de Corte con Acero Estructural Tipo G.....	86
4.4.1. Calidad de Corte en Acero Estructural Tipo G.....	87
4.4.2. Desgaste de Material en Acero Estructural Tipo G	88
4.5. Resultados de Corte con Aluminio	89
4.5.1. Calidad de Corte en Aluminio	90
4.5.2. Desgaste de Material en Aluminio.....	91
4.6. Resultados de Corte con T1A Anti Abrasivo	91
4.6.1. Calidad de Corte en T1A Anti Abrasivo.....	92
4.6.2. Desgaste de Material en Aluminio.....	93
4.7. Resultados de Corte con Cobre.....	94
4.7.1. Calidad de Corte en Cobre.....	95
4.7.2. Desgaste de Material en Cobre	96
4.8. Comparación de cortes.....	97
4.8.1. Velocidad de corte con equipo de oxicorte.....	97
4.8.2. Rebabas producto del corte con equipo de oxicorte	98
4.8.3. Velocidades con Corte con Equipo Plasma Según del Amperaje.....	99
4.8.4. Velocidades con Corte con Equipo Plasma Según del Espesor del Material	100
4.8.5. Rebabas Producto del Corte con Equipo de Corte Plasma.	101



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



4.8.6. Comparación de Velocidad de Avance Según la Proceso de Corte.....	103
4.9. Consumos.....	104
4.9.1. Consumo de gases con oxicorte.....	104
4.9.2. Consumo eléctrico con corte plasma	105
4.10. Costos.....	105
4.10.1. Costos de Operación con equipo de oxicorte.....	105
4.10.2. Costos de Operación con equipo plasma	105
4.10.3. Costos totales de operación.....	106
CAPITULO V	107
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1. Conclusiones.....	107
5.2. Recomendaciones	109
BIBLIOGRAFÍA	110
ANEXOS	116



ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 1. <i>Desviaciones límites para tolerancia ISO 9013:2002</i>	42
Tabla 2. <i>Características de los guantes de cuero.</i>	44
Tabla 3. <i>Especificaciones de la Máscara de soldadura.</i>	45
Tabla 4. <i>Especificaciones del mandil de cuero.</i>	45
Tabla 5. <i>Composición química del acero ASTM A36.</i>	46
Tabla 6. <i>Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.</i>	46
Tabla 7. <i>Composición química del acero inoxidable AISI 304.</i>	47
Tabla 8. <i>Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304.</i>	47
Tabla 9. <i>Composición química del aluminio.</i>	48
Tabla 10. <i>Propiedades mecánicas del aluminio.</i>	48
Tabla 11. <i>Composición química del T11 anti abrasivo.</i>	49
Tabla 12. <i>Propiedades mecánicas del T1A anti abrasivo.</i>	49
Tabla 13. <i>Características generales del cobre.</i>	50
Tabla 14. <i>Propiedades mecánicas del cobre.</i>	50
Tabla 15. <i>Partes del equipo de oxicorte.</i>	50
Tabla 16. <i>Especificaciones técnicas de la cortadora plasma ALPHA PL1070 M2X.</i>	54
Tabla 17. <i>Selección del proceso de corte.</i>	60
Tabla 18. <i>Probetas con identificación.</i>	62
Tabla 19. <i>Valores recomendados para el oxicorte.</i>	63
Tabla 20. <i>Parámetros de corte plasma según el material.</i>	64
Tabla 21. <i>Velocidades de corte según el amperaje.</i>	64
Tabla 22. <i>Valores recomendados para el oxicorte con soplete simple.</i>	68
Tabla 23. <i>Tipos de llama de oxicorte.</i>	69
Tabla 24. <i>Efecto del precalentamiento en la calidad del corte.</i>	70
Tabla 25. <i>Parámetros de corte según los materiales seleccionados.</i>	73
Tabla 26. <i>Determinación de la calidad de corte mediante defectos.</i>	74
Tabla 27. <i>Determinación de calidad de corte mediante la defectología del corte.</i>	76
Tabla 28. <i>Resultados generales de corte en acero A36.</i>	82
Tabla 29. <i>Calidad de corte en acero A36.</i>	82
Tabla 30. <i>Desgaste de material A36.</i>	83
Tabla 31. <i>Resultados generales de corte en acero inoxidable.</i>	84
Tabla 32. <i>Calidad de corte en acero inoxidable.</i>	85
Tabla 33. <i>Desgaste de material inoxidable.</i>	86
Tabla 34. <i>Resultados generales de corte en acero inoxidable.</i>	87
Tabla 35. <i>Calidad de corte en acero estructural tipo G.</i>	87
Tabla 36. <i>Desgaste de material acero estructural tipo G.</i>	88
Tabla 37. <i>Resultados generales de corte en aluminio.</i>	89
Tabla 38. <i>Calidad de corte en aluminio.</i>	90
Tabla 39. <i>Desgaste de material aluminio.</i>	91
Tabla 40. <i>Resultados generales de corte en T1A Anti Abrasivo.</i>	92
Tabla 41. <i>Calidad de corte en T1A Anti Abrasivo.</i>	93
Tabla 42. <i>Desgaste de material aluminio.</i>	93
Tabla 43. <i>Resultados generales de corte en cobre.</i>	94
Tabla 44. <i>Calidad de corte en cobre.</i>	95
Tabla 45. <i>Desgaste de material cobre.</i>	96



ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG.
Figura 1. <i>Fundición de metales.</i>	29
Figura 2. <i>Molde metálico con forma definida.</i>	30
Figura 3. <i>Moldeo de piezas por método formativo.</i>	31
Figura 4. <i>Método especial en base a compuestos químicos.</i>	31
Figura 5. <i>Proceso mecánico mediante un torno.</i>	32
Figura 6. <i>Tratamiento térmico por temple.</i>	33
Figura 7. <i>Plasma en forma de rayo.</i>	34
Figura 8. <i>Corte plasma en materiales metálicos.</i>	37
Figura 9. <i>Biselado en plancha metálica.</i>	40
Figura 10. <i>Corte de largo alcance.</i>	40
Figura 11. <i>Corte de superficies mediante uso del plasma.</i>	41
Figura 12. <i>Guantes de cuero.</i>	44
Figura 13. <i>Máscara de soldadura automática.</i>	45
Figura 14. <i>Mandil de cuero.</i>	45
Figura 15. <i>Plancha de acero ASTM A36</i>	46
Figura 16. <i>Plancha de acero inoxidable</i>	47
Figura 17. <i>Plancha de Aluminio</i>	48
Figura 18. <i>Plancha de T1A Anti Abrasivo</i>	49
Figura 19. <i>Plancha de cobre.</i>	50
Figura 20. <i>Equipo de oxicorte portátil.</i>	50
Figura 21. <i>Soplete.</i>	51
Figura 22. <i>Chispero.</i>	51
Figura 23. <i>Cilindros del equipo de oxicorte.</i>	52
Figura 24. <i>Manorreductores</i>	52
Figura 25. <i>Mangueras de oxígeno y acetileno.</i>	53
Figura 26. <i>Válvulas antirretornos.</i>	53
Figura 27. <i>Cortadora plasma ALPHA.</i>	54
Figura 28. <i>Soplete de corte.</i>	54
Figura 29. <i>Manómetro de presión del aire.</i>	55
Figura 30. <i>Trampa de humedad.</i>	55
Figura 31. <i>Pinza de tierra.</i>	56
Figura 32. <i>Proceso metodológico.</i>	57
Figura 33. <i>Estación para corte de materiales.</i>	59
Figura 34. <i>Ubicación de las varillas en la estación de corte.</i>	59
Figura 35. <i>Dimensiones para las probetas.</i>	61
Figura 36. <i>Identificación de probetas.</i>	61
Figura 37. <i>Designación para el código de cada probeta.</i>	62
Figura 38. <i>Identificación de probeta acero A36.</i>	62
Figura 39. <i>Espesor vs. El valor del amperaje.</i>	65
Figura 40. <i>Espesor vs. La velocidad de corte.</i>	65
Figura 41. <i>Proceso de oxicorte.</i>	66
Figura 42. <i>Mesa de trabajo.</i>	67
Figura 43. <i>Presión en el cilindro de oxígeno.</i>	67
Figura 44. <i>Presión en el cilindro de oxígeno.</i>	68
Figura 45. <i>Proceso del corte por plasma.</i>	70



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Figura 46. Conector de tres pines de alto voltaje.	71
Figura 47. Posicionamiento del interruptor de potencia.	72
Figura 48. Ancho de corte.	77
Figura 49. Estación de corte realizada.	81
Figura 50. Velocidades de corte con equipo de oxicorte.	97
Figura 51. Alturas máximas de las rebabas empleando el oxicorte.	98
Figura 52. Altura mínima de las rebabas con oxicorte.	99
Figura 53. Velocidad de corte según el amperaje.	100
Figura 54. Velocidad de corte según el espesor.	101
Figura 55. Rebabas máximas producto del corte por plasma.	102
Figura 56. Rebabas máximas producto del corte por plasma.	103
Figura 57. Velocidad de corte según la OFC y PAC.	104
Figura 58. Costos totales de operación.	106



ÍNDICE DE ECUACIONES

	PÁG.
Ecuación 1. <i>Cálculo de tiempo de operación.</i>	77
Ecuación 2. <i>Consumo de gases</i>	78
Ecuación 2. <i>Cálculo del consumo energético.</i>	78
Ecuación 3. <i>Costos de Energía</i>	79



ÍNDICE DE ANEXOS

	PÁG.
Anexo 1. Resultados de la probeta O1 (2)-1.	116
Anexo 2. Resultados de la probeta O1 (2)-2.	117
Anexo 3. Resultados de la probeta O1 (2)-3.	118
Anexo 4. Resultados de la probeta P1 (2)-1.	119
Anexo 5. Resultados de la probeta P1 (2)-1.	120
Anexo 6. Resultados de la probeta P1 (2)-1.	121
Anexo 7. Resultados de la probeta O2 (4)-1.	122
Anexo 8. Resultados de la probeta O2 (4)-2.	123
Anexo 9. Resultados de la probeta O2 (4)-3.	124
Anexo 10. Resultados de la probeta P2 (4)-1.	125
Anexo 11. Resultados de la probeta P2 (4)-2.	126
Anexo 12. Resultados de la probeta P2 (4)-3.	127
Anexo 13. Resultados de la probeta O3 (2)-1.	128
Anexo 14. Resultados de la probeta O3 (2)-2.	129
Anexo 15. Resultados de la probeta O3 (2)-3.	130
Anexo 16. Resultados de la probeta P3 (2)-1.	131
Anexo 17. Resultados de la probeta P3 (2)-2.	133
Anexo 18. Resultados de la probeta P3 (2)-3.	134
Anexo 19. Resultados de la probeta O4 (3,26)-1.	135
Anexo 20. Resultados de la probeta O4 (3,26)-2.	136
Anexo 21. Resultados de la probeta O4 (3,26)-3.	137
Anexo 22. Resultados de la probeta P4 (3,26)-1.	138
Anexo 23. Resultados de la probeta P4 (3,26)-2.	139
Anexo 24. Resultados de la probeta P4 (3,26)-3.	140
Anexo 25. Resultados de la probeta O5 (8,2)-1.	141
Anexo 26. Resultados de la probeta O5 (8,2)-2.	142
Anexo 27. Resultados de la probeta O5 (8,2)-3.	143
Anexo 28. Resultados de la probeta P5 (8,2)-1.	144
Anexo 29. Resultados de la probeta P5 (8,2)-2.	145
Anexo 30. Resultados de la probeta P5 (8,2)-3.	146
Anexo 31. Resultados de la probeta O6 (0,66)-1.	147
Anexo 32. Resultados de la probeta O6 (0,66)-2.	148
Anexo 33. Resultados de la probeta O6 (0,66)-3.	149
Anexo 34. Resultados de la probeta P6 (0,66)-1.	150
Anexo 35. Resultados de la probeta P6 (0,66)-2.	151
Anexo 36. Resultados de la probeta P6 (0,66)-3.	152
Anexo 37. Consumo de Gases	153
Anexo 38. Consumo de Oxígeno.	154
Anexo 39. Consumo de Acetileno.	155
Anexo 40. Manual de Equipo Plasma Inverter.	156
Anexo 41. Procesos de corte en el taller de manufactura – Ing. Automotriz.....	168



CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de investigación.

Al no tener herramientas adecuadas en el taller para los diferentes procesos a realizar se pierde seguridad ya que tienen que acostumbrarse a hacer con lo que tienen, comúnmente a la mano desencadenando en posibles accidentes, leves o si es que no se tienen cuidado en accidentes graves ya que al necesitar una herramienta de corte con alta potencia y al no tener de esta se procede hacer uso de herramientas que no están especificadas, falta de experiencia o un mal diseño de la máquina para cortar determinado material lo que dificulta el trabajo además de que aumenta el riesgo.

Los procesos se harán más lentamente y limitando el proceso de enseñanza lo que resulta en el no concluir de forma completa el sílabo por falta de recursos y o no se tendrá la capacitación adecuada que repercutirá en el correcto proceso de crecimiento del aprendizaje del estudiante y eso se reflejará en los proyectos y trabajos.

Al no tener un sistema de corte confiable y con pérdidas relativamente menores en el material, puede causar una demora en los procesos y lineamientos al trabajo a realizar ocurriendo desventajas tales como, pérdida de tiempo en un proceso de corte convencional, perdida de recursos económicos al perder material en el proceso de corte.

Al tener más problemas en los recursos y sus tiempos de producción se limitaría mucho en la innovación y producción ya que su proceso tomaría demasiado tiempo en completarse para tener un corte preciso y de acuerdo con los pedidos del ingeniero o técnico a cargo del proyecto a cumplir.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar una estación de corte con plasma para la carrera de Ingeniería Automotriz.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una estación de corte con plasma para realizar los diferentes procesos cumpliendo Normativa de Seguridad.
- Construir de una estación de corte con plasma para realizar los diferentes procesos cumpliendo Normativa de Seguridad.



- Analizar los diferentes tipos de corte con Oxicorte (OFC) o corte con haz láser (LBC) en comparación con Corte con plasma.

1.3. Alcance

En el campo de manufactura de acuerdo con los parámetros y nueva tecnología de corte se basará en una forma técnica de acuerdo con las características de una cortadora del tipo oxicorte comparada con una del tipo plasma. La estación de corte por plasma incluirá una estructura donde se colocará la cortadora plasma el conector, la pinza positiva y negativa para el funcionamiento, además de la máquina de corte plasma.

La estación de corte con plasma incluirá consumibles y no incluirá repuestos de la máquina, además se proporcionará el manual de uso del equipo adquirido, es importante recalcar que incluirá los implementos de protección personal. La estación de corte por plasma no estará equipada de protección contra golpes o caídas, e incluso no estará protegida para protección de sus componentes electrónicos en caso de mojarse o quemarse.

Se analizará las diferencias de oxicorte, en comparación con corte con plasma de forma estándar por sus prestaciones de potencia, calor generado en el material, grosor de corte y cantidad de material perdido, además no se basará las diferencias en los componentes de cada una de las máquinas.

Se mostrará las ventajas y desventajas entre oxicorte, en comparación con corte con plasma basado en su forma de funcionamiento y preferencias de trabajo, además de los resultados que se obtiene.

1.4. Justificación

El presente de acuerdo con el plan creación de oportunidades del Ecuador 2021-2025 se presenta en el eje económico, producción agrícola, acuícola, pesquera, industrial, infraestructura, soberanía y seguridad alimentaria. Esta centrado en el Objetivo 3 del mismo eje, el cual menciona: Fomentar la productividad y competitividad en los sectores agrícola, industrial, acuícola y pesquero, bajo el enfoque de la economía circular [1].

El problema que va a resolver es de gran suma importancia para fomentar la productividad, experiencia profesional, monetaria y pedagógico, además tendrá un gran impacto positivo en los diferentes usos que tendrá dentro del campo que se puede aplicar logrando así un cambio inmensurable que permitirá mayor productividad.



Al tener a disposición un implemento de trabajo para realizar las diferentes actividades y que tenga especificaciones técnicas adecuadas y necesarias para el taller de la carrera de Ingeniería Automotriz es importante recalcar que los procesos se realizaran con mayor eficiencia, eficacia y con el material adecuado usando el equipo de forma correcta para obtener resultados óptimos de corte.

1.5. Hipótesis

El uso de tecnología por corte plasma en los procesos industriales de corte de metales podría mejorar en gran medida la eficiencia, la calidad de corte y disminuir los costos de operaciones realizando una comparación con el oxicorte; especialmente en metales de menor espesor. El cortador por plasma permite un corte más rápido, un mejor acabado y una menor distorsión térmica, así como una mayor versatilidad en cuanto a los materiales que puede tratar. Aunque la inversión inicial es mayor, los costes con ambas tecnologías a largo plazo podrían ser similares, sin embargo, la aplicación del corte plasma presenta ventajas en términos de seguridad y menor impacto medioambiental.

1.6. Antecedentes

La propia palabra "plasma" parece referirse a la capacidad de moldearse mediante la acumulación de campos eléctricos y magnéticos, obviando la necesidad de un recipiente o contenedor como ocurre con los fluidos, líquidos o gases [2].

El uso de moléculas altamente energéticas para cortar una serie de materiales de distintos tamaños y grosores a un coste razonable se conoce como corte por plasma. Este proceso de fabricación, famoso por su potencial diversidad, es frecuente en instalaciones que fabrican componentes metálicos, como titanio o aluminio [3].

Los científicos descubrieron en 1954 que se podía producir un chorro de plasma en la soldadura TIG aumentando el caudal de gas y disminuyendo la abertura de la boquilla [4].

Normalmente, se utiliza una pequeña boquilla para transmitir un gas como aire, nitrógeno, oxígeno o argón para crear un flujo de plasma. El flujo de gas recibe suficiente energía de una fuente de alimentación externa para ionizarse y cambiar en un arco de plasma, que tiene la capacidad de calentar hasta 40.000 °F. El arco de derretirla y disipa el metal derretido [5].



En las regiones más calientes, este chorro de plasma evapora el metal al impactar; en las regiones más frías, se limita a fundirlo. El procedimiento de corte se lleva a cabo mediante el chorro de plasma focalizado [6].

El método de oxicorte seguía siendo menos caro que el plasma para chapas de acero más gruesas, aunque el plasma podía cortar acero de más de una pulgada de grosor [7].

De forma general, el plasma se destaca por disponer de una superficie de calor más potente, y temperaturas de corte de hasta 20.000 °C, aumentando así la velocidad de corte considerablemente, la cual a su vez depende de la potencia del equipo [8].

Dado que la mayoría de los equipos de corte por plasma aire utilizan la tecnología inverter, son portátiles. Muchos de ellos incorporan conectores eléctricos que permiten su uso en aplicaciones de corte mecanizado, y pueden adquirirse con una antorcha mecanizada [9].

Para iniciar el arco principal, se necesita una chispa de alta frecuencia o un arco piloto. La tobera libera gas plasma a temperaturas y velocidades extremadamente elevadas, que alcanzan hasta 6.000 m/s (20000 ft/s) y 16.000 °C (30.000 °F) [10].

Las cortadoras de plasma portátiles son muy populares en los sectores de la cerrajería y la automoción, donde son perfectas para cortar chapas finas [10].



CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Manufactura

2.1.1. Definición de la Manufactura

La manufactura es el fruto de procesar materias primas en un componente útil según su uso en un proceso industrial. En resultado de esto obtenemos los productos acabados, listos para su comercialización en los diferentes mercados.

En base a la realización de la manufactura, las empresas tienen los medios para convertir diferentes inputs de material en bruto en aquellos componentes u outputs dispuestos a brindar al mercado, realizando así su forma de realización económica. Por lo tanto, se podría decir que la manufactura es una parte clave del sector secundario.

El objetivo principal al crear un producto es llevarlo al mercado más tarde. Esto significa que las empresas producen para llevar su producción a la venta final. Este nombre suele ser reconocido por el desarrollo completo del producto. Su producción en masa y suministro en el mercado. Por otro lado, es claro que el proceso de producción abarca el producto desde su diseño inicial hasta el ensamblaje de sus componentes e incluye todas las etapas de transformación para hacer el producto final para la venta.

El concepto de producción tiene varias características principales: dependiendo de la complejidad del producto, puede haber más o menos procesos de producción intermedios en las operaciones de producción. Aunque la mayoría de las máquinas son comunes, el proceso de producción también incluye artesanías donde la reconstrucción se realiza a mano. Presupone la existencia de separación o división de procesos conducentes a la especialización del trabajo. Intenta optimizar los recursos y con ello conseguir una mayor eficiencia para las empresas [11].

2.1.2. Los Procesos de Manufactura

Se denomina proceso de producción a una serie de operaciones realizadas para convertir materias primas en productos acabados. La industria utiliza la fabricación para alterar la resistencia, el dimensionamiento, la forma y la composición de la materia prima usada en el campo de la industria. Del mismo modo, para crear un proceso de producción o algo bello hay que seguir un procedimiento establecido, que comienzan con la extracción de materias primas y terminan con su transformación en productos finales de venta en el mercado [12].



2.1.3. El Proceso de Producción a Mano y con Máquinas

Posteriormente, los productos se volvieron más complejos y con el tiempo agregaron valor, por lo que la demanda y por ende el precio aumentó considerablemente. Esto indudablemente condujo a una mejora en la fabricación, de modo que ahora el proceso se hace a mano o con máquinas. Principalmente porque estos productos tienen que ser producidos en grandes cantidades. Como resultado, el proceso de producción emplea ahora la tecnología de forma creativa. Además, los trabajadores que producen bienes manufacturados se especializan en el uso de máquinas o de sus manos para realizar una tarea concreta. De este modo, los tiempos de producción se aceleran y los recursos se utilizan con mayor eficacia. Como resultado, a medida que se adquiere experiencia y comprensión en cada etapa, el proceso de producción se complica [13].

Gracias a ello, los costes de producción se redujeron y los artículos pudieron adquirirse a precios más bajos. No obstante, la revolución industrial -que comenzó en Inglaterra en 1780 y acabó extendiéndose a Norteamérica, Europa y otras regiones del mundo- contribuyó a modernizar los métodos de producción, ya que antes de ella toda la producción se realizaba a mano [14].

2.1.4. Tipos de Procesos de Producción

Para que se lleve a cabo un proceso de producción, se debe tener claro cuál es el beneficio que queremos obtener, debido a que existen diferentes métodos en la fábrica, a veces se necesita más de uno. Se conoce cinco tipos de procesos productivos son:

2.1.4.1. Repetitivo.

Consiste en líneas de producción que se encargan de que el producto sea el mismo durante toda su vida, sin cambios de diseño, requisitos o tiempos, porque eso implicaría movimientos de riesgo tan positivos. y negativo. Si la línea establecida no es suficiente para la velocidad de producción, se toma otra para lograr continuamente los mismos objetivos [15].

2.1.4.2. Discreto.

También utiliza una línea de producción con variación, que en este caso puede ser diversa ya sea en diseño, estructura o configuración. La capacidad de cambiar entre diferentes productos también da como resultado plazos de entrega más largos o cambios que pueden ocurrir y deben realizarse [16].

2.1.4.3. Continuo.

La principal diferencia con una operación de repetición 2/7 es que los materiales utilizados en este proceso son líquidos, gases, polvos o gránulos que suelen emplearse en operaciones mineras. Dado



que su fabricación suele ser muy impredecible, si se utilizan varias materias primas en el proceso, hay que extremar las precauciones [17].

2.1.4.4. Basado en Lotes.

El proceso por lotes, como la fabricación discreta, puede ser versátil en los productos que produce, pero en este caso depende completamente de la demanda del consumidor, en el que se debe producir más o menos para cumplir con las cantidades requeridas. Por tratarse de lotes o varios productos de un mismo producto, no se pueden utilizar normas estrictas en este tipo de producción, porque en cualquier momento se pueden realizar cambios y cambios en los procesos [18].

2.1.4.5. Talleres.

La producción en talleres mecánicos utiliza áreas de producción más flexibles en lugar de líneas de montaje, a diferencia de la producción discreta o repetitiva [19].

2.1.5. Los Procesos de Manufactura

Al fabricar productos, estos pasan por una serie de procesos que recolectan y transforman las materias primas. Inicialmente se introducen los materiales y luego, poco a poco, se realizan las combinaciones adecuadas hasta conseguir el producto final deseado. Las siguientes categorías se aplican a las producciones.

2.1.5.1. Procesos primarios.

Los métodos principales incluyen:

- Métodos de fundición:

Para crear la forma deseada, el material metálico se funde como se puede observar en la figura 1 y se vacía en un recipiente de forma predefinida durante el proceso de fundición. Cualquier metal sirve, sin embargo, los metales típicos como el acero, hierro, aluminio y cobre son los que se funden con más frecuencia.

Figura 1. *Fundición de metales.*



Tomado de: [20]



La invención de nuevos metales y aleaciones, así como el dominio de esta tecnología, desempeñan un papel importante en la historia del presente mundo a lo largo de su evolución. Existen numerosas técnicas de fundición, como la fundición a presión, la fundición en metal y la fundición en arena. Cada técnica tiene ventajas e inconvenientes, y se aplica en función de los requisitos particulares de cada componente [21].

- **Métodos de moldeo:**

Una vez fundido, el material se vierte en moldes que representan con precisión la forma de la pieza, un ejemplo de molde es el que se puede observar en la figura 2. Otro nombre que recibe este método es colada o vaciado. Se utiliza sobre todo con plásticos y metales. Un molde es un recipiente hueco en el que se vierte material fundido; la sustancia se endurece en la forma de la cavidad creada por el vertido. Después se deja enfriar el tiempo necesario para que se endurezca y se desligue del molde. Este proceso permite crear y recibir una gran variedad de piezas moldeadas que se utilizan con frecuencia en las industrias de cajas de máquinas y envasado de productos. Normalmente, los moldes se fabrican con dos componentes unidos con precisión [22].

Figura 2. Molde metálico con forma definida.



Tomado de: [23]

- **Método formativo.**

Cuando se evalúan los procesos de conformado en términos de valor de producción y manera; uno de los más significativos es la conformación de piezas por fuerza mecánica normalmente empleando maquinas herramientas como se puede apreciar en la figura 3. Para el conformado de piezas pueden utilizarse tanto materiales fríos como calientes (conformado en frío frente a conformado en caliente). Se pueden emplear fuerzas de cizallamiento, tracción, compresión o flexión para producir piezas. Dependiendo de cómo se aplique la fuerza, los procesos de



conformado pueden clasificarse. Su característica principal es el uso controlado de la fuerza para alterar la forma del material, ya sea con o sin una temperatura elevada [24].

Figura 3. *Moldeo de piezas por método formativo.*



Tomado de: [25]

- Método especial.

Aquellos procesos industriales que exponen una pieza de metal fabricada en acero, aluminio, cobre, etc. que tiene un propósito diferente al tratamiento térmico convencional o al tratamiento termoquímico como el observado en la figura 4. Algunas aplicaciones especiales deben destacarse por separado: Soldadura fuerte de materiales con diferente composición química, secado y precalentamiento de lingotes. Forja Calefacción Frontal. Calentamiento por resistencia directa. Endurecimiento térmico de cementos cerámicos [26].

Figura 4. *Método especial en base a compuestos químicos.*



Tomado de: [27]

2.1.5.2. Procesos secundarios.

Los procesos secundarios son:

- Procesamiento mecánico.

Las actividades relacionadas con los procesos mecánicos permiten diseñar y desarrollar herramientas industriales que luego se utilizan en los centros de producción. El objetivo final es



completar y optimizar la producción de piezas y componentes mecánicos, por lo general el proceso mecánico más común se realiza empleando equipos como el indicado en la figura 5.

Figura 5. *Proceso mecánico mediante un torno.*



Tomado de: [28]

Esta actividad abarca varios campos de actividad como la fundición, el mecanizado y el montaje, por lo tanto, requiere diferentes expertos, incluidos los directores de proyecto, así como ingenieros de sistemas industriales para definir la instalación y las herramientas, o incluso ingenieros de proceso para definir el método de producción de cada pieza. Los administradores de casos supervisan la redacción de las especificaciones técnicas, la selección y adquisición de proveedores y el uso de los recursos de la industria.

A todo esto, se suman varios expertos relacionados: automatización, metrología, gestión de fluidos, ingeniería vial e hidráulica, construcción, instalación, procesamiento, ensayo y regulación, etc. También se consideran aspectos de mantenimiento, metodología y calidad, así como la preparación de la documentación relacionada con estas múltiples actividades. Finalmente, los expertos que utilizan el software de simulación de flujo pueden validar los planes de ciclo, optimizar las herramientas aplicadas e identificar [29].

- **Tratamientos térmicos.**

El tratamiento térmico es un tratamiento térmico que tiene como objetivo cambiar las propiedades de un material que luego se forma o se usa en un nuevo estado (físico o químico) para un propósito específico, como crear partes y componentes útiles o característicos.

El tratamiento térmico utiliza componentes naturales a diferentes temperaturas (frías o calientes), que pueden ser extremas o normales, para cambiar las propiedades moleculares del material en función de la reacción que se produce a esa temperatura o punto de fusión en particular. por ejemplo, a temperatura ambiente media.



En general, el tratamiento térmico se utiliza para aumentar la dureza y durabilidad de un componente, especialmente para metales como el hierro o el aluminio. Los tratamientos térmicos de masa o superficie más comunes son: temple como el indicado en la figura 6, cementación y tribulación de carbono.

Figura 6. *Tratamiento térmico por temple.*



Tomado de: [30]

El endurecimiento por inducción se utiliza para endurecer la superficie de hormigón de la pieza. Expone el material al más alto grado de temperatura y explota todos los componentes químicos necesarios para su posterior endurecimiento. Otros posibles tratamientos son la nitruración iónica o el recocido. Un caso especial son los componentes auto crecientes hechos de acero, que se enfría en un horno de sinterización [31].

2.1.5.3. Procesos terciarios.

Los procesos terciarios incluyen:

- Unión.

Por ejemplo, puede suceder que, al construir un barco, tengamos que conectar un pilar y un eje. Al construir estructuras grandes o solo unidades pequeñas, es necesario conectar diferentes componentes para lograr un objetivo determinado.

Nos centramos en los tres principales tipos de juntas utilizadas en la industria.

Uniones realizadas con tornillos, las clasificamos según la ejecución y forma de trabajo.

Uniones soldadas, se realiza aplicando calor entre dos materiales iguales o similares, te decimos cómo y las clasificamos:

- Soldadura total o parcial
- Soldadura de filete
- Soldadura a tope



Soldadura por arco, unión rígida entre dos o más componentes donde el calor hace que los materiales se fundan uniendo distintos materiales [32].

- Tratamiento de superficies.

En resumen, la fabricación es el resultado final de un proceso industrial que permite transformar de diferentes materias primas en productos acabados a través de una serie de etapas. Desde la Revolución Industrial, el proceso de fabricación ha experimentado cambios significativos, haciéndose más sencillo y eficaz [33].

2.2. El Plasma

Tras el líquido, el sólido y el gas como los otros tres estados de la materia, el plasma se puede considerar como el cuarto estado. En realidad, es un gas ionizado, aplicamos energía a un gas estable y neutro, normalmente en forma de descarga eléctrica; por lo general se aprecia de forma física en los relámpagos como se indica en la figura 7. Como resultado, una parte de los átomos de ese gas se "rompen"; los electrones más externos del átomo adquieren energía suficiente para separarse del núcleo y fluir libremente por el gas. Ese gas se ioniza, lo que también se conoce como plasma o estado plasmático [34].

Figura 7. *Plasma en forma de rayo.*



Tomado de: [35]

2.2.1. La Concentración de Partículas en el Plasma

En el plasma de todos sus componentes al azar. Para determinar la concentración del plasma por unidad de volumen, primero divida las poblaciones de partículas contenidas (electrones, iones, otro neutro), luego clasifica los mismos iones, y encuentra los valores para cada tipo por separado (NACIDO, NI Y NA), donde NE significa la concentrabilidad de electrones libres, NI es la concentración de iones, NA es la concentración de átomos neutros [36].



2.2.2. Grado y frecuencia de ionización

Para convertir la materia en plasma, debe estar ionizada. El grado de ionización es proporcional al número de átomos, al número de electrones entregados o absorbidos, y depende de la temperatura. El grado de ionización del plasma se define como la relación entre los átomos ionizados y el total de átomos por unidad de volumen. Las propiedades eléctricas y electromagnéticas de un plasma vienen determinadas principalmente por su grado de ionización [36].

2.2.3. Temperatura

Existen diferentes sustancias en el plasma a diferentes temperaturas debido a la estructura de las capas externas de electrones de los átomos: cuanto más claro sale el átomo de un electrón, menor es la temperatura de transición en el estado de plasma [36].

2.2.4. Neutralidad y especies presentes

Como en el plasma hay cantidades iguales de cargas tanto negativas como positivas, la carga global del sistema se anula. En tal situación, nos referimos a un plasma neutro. Para contrarrestar la fuerza electromagnética, los plasmas neutros como la circulación de electrones en una capa de excitación necesitan algún tipo de presión exterior. La mayor parte del plasma está formada por iones y electrones. En general, el plasma puede contener una variedad de iones, incluyendo aniones moléculas con una carga de electrones que están cargadas negativamente y moléculas ionizadas (cationes) [37].

2.3. Formación de un Plasma

Utilicemos el ejemplo del agua para comprender mejor cómo se crea el plasma. El agua congelada se derrite convirtiéndose en un fluido cuando recibe energía del calor. El agua se vaporiza y produce vapor cuando exponemos al calor. La sustancia conduce el calor y la electricidad cuando aplicamos energía adicional al vapor porque la mezcla térmica es considerablemente más fuerte que las fuerzas de enlace que mantienen los electrones en órbita. Esto provoca la ionización de los gases hidrógeno y oxígeno. En algunos experimentos, las moléculas y átomos de gas se combinan con campos magnéticos para crear plasma. El doble aislamiento magnético era el principal objetivo de los investigadores para aumentar la aplicación del material en la investigación de la fusión nuclear haciéndolo más estable y portátil [38].

Uno de los métodos para producir plasma es utilizar campos eléctricos intensos para separar moléculas. Los iones producidos por este proceso pueden colisionar con otras moléculas más



rápidamente cuando se someten a campos eléctricos. Estas colisiones crean iones adicionales y despojan a los átomos de sus electrones; esta reacción, en las circunstancias adecuadas, desencadena una sucesión de eventos que ioniza al gas presente [39].

2.4. Tipos de Plasma

2.4.1. Plasma frío

Este tipo de plasma se produce cuando la temperatura de las partículas más pesadas es inferior a la de los electrones, como lo son los iones. Como este tipo de plasma no arde, supone la menor amenaza para los seres vivos [40].

2.4.2. Plasma caliente

Los seres vivos pueden estar en peligro por el plasma caliente, cuyos átomos ionizados crean luz y calor y se calientan extremadamente como resultado de las frecuentes colisiones [40].

2.5. Ejemplos de Plasma

La cuarta forma de añadidura de la materia es el plasma, una fase líquida que se asemeja en muchos aspectos al gas.

Por ejemplo:

Sol: La fusión nuclear calienta el plasma del interior del Sol [41].

Nebulosas: Se componen principalmente de gases como el helio y el hidrógeno [41].

Vientos solares: Los movimientos de la atmósfera solar se denominan vientos solares [42].

Rayos: El estado de plasma es visible en los relámpagos, que se perciben como rayos, durante una tormenta eléctrica. La región de la atmósfera posicionada entre la mesosfera y exosfera se denomina ionosfera [43].

Aurora boreal: la iluminación nocturna que suele darse en las regiones polares [44].

2.6. Aplicaciones Tecnológicas del Plasma

Iluminación: El estado de plasma de la materia favoreció la creación de lámparas fluorescentes frías de bajo consumo energético, entre las que cabe destacar las lámparas fluorescentes, pantallas de televisión o de computadora: Son pantallas fabricadas con gases neón y xenón.

Motores de cohetes: En estos motores, los iones se aceleran en un fuerte campo eléctrico que expulsa materia en estado de plasma [45].



2.7. Características del Corte Plasma

Con esta tecnología se pueden cortar todo tipo de metales como se puede apreciar en la figura 8, aunque los materiales no ferrosos y el acero de menos de una pulgada de grosor son especialmente buenos candidatos. En el sistema de corte por plasma se utiliza una tarjeta eléctrica estrangulada; un flujo de gas ionizado a velocidad alta procedente de una salida de contracción corta el material, el plasma calienta la pieza fundiendo y cortando el material [46].

Figura 8. Corte plasma en materiales metálicos.



Tomado de: [47]

2.7.1. Función del Gas para Corte Plasma

La clase del proceso que se aplica determina el gas utilizado para el corte. Del mismo modo, factores como la calidad y la pureza son muy importantes porque la mayor parte de la calidad y la repetibilidad subsiguientes dependen de estos aspectos [48].

2.7.1.1. Gases de Marcado.

Es un gas utilizado para el marcado con plasma [48].

2.7.1.2. Gases de Ignición.

Su aplicación está relacionada con el proceso de encendido por arco de plasma, que facilita la ignición [48].

2.7.1.3. Gases Secundario o de Protección.

Este permanece alrededor de una de las finalidades del arco de plasma, cuya función es ayudar a mejorar la calidad del corte al reducir la sección transversal del arco al enfriarlo. De este modo, las piezas de desgaste quedan protegidas al taladrar y cortar sumergido en el agua. También Es crucial recordar que también pueden darse varias composiciones [48].



2.7.1.4. Gases Plasmogénico.

Es cualquier gas, o combinación de gases, utilizado en el proceso de creación de un arco de plasma y realización de la operación de corte. Normalmente, un arco de plasma consta de dos fases: de corte y de ignición. La composición y el caudal de los gases de corte y de ignición son diferentes [48].

2.7.1.5. Gases de Corte.

El gas de corte tiene capacidad de conducción en el momento de la ionización, formando un arco primario entre el cátodo y la parte fracturada. Posteriormente, El material se funde debido a la energía del arco eléctrico, liberando gas para el corte de alta velocidad. Nótese que el gas o combinación de gases a utilizar para cada material, considerando su espesor y fuerza de corte, debe ser especificado por el fabricante del equipo de corte por plasma [48].

2.7.2. Tipo de Gases de Protección en Corte Plasma

De estos cinco gases, se utilizan para cortar comúnmente:

- Aire.
- Combinación de dióxido de carbono y nitrógeno.
- Nitrógeno combinado con aire u oxígeno.
- Combinación de los tres elementos.
- Oxígeno [49].

2.7.2.1. Descripción:

Nitrógeno: Su uso es un gas no inflamable. corte por plasma de gas. Su alto grado de limpieza permite cortes excelentes.

Argón: El gas utiliza como gas de corte, especialmente para el aluminio.

Aire: El oxígeno del aire, un gas de uso general utilizado en el corte por plasma proporciona energía de corte adicional, pero oxida la zona de corte.

Mezclas: Se utiliza para describir una mezcla de hidrógeno y nitrógeno, así como de argón e hidrógeno. Estos gases sirven de escudo para el corte por plasma [49].

2.8. Calidad de Corte

Una de las ventajas más importantes del corte por plasma es su precisión y limpieza. Los resultados obtenidos por el corte por plasma son definidos, a diferencia de otros procesos como el corte por oxiacorte.



Mayor productividad porque las velocidades de corte son muy rápidas, además las máquinas de corte por plasma no requieren precalentamiento, lo que ahorra más tiempo.

El grosor de los materiales de corte por plasma es muy amplio, por lo que puede cortar materiales muy delgados [50].

2.8.1. Espesor de Corte y Potencia de Corte Necesaria

Las aplicaciones más comunes para el corte por plasma son los metales no ferrosos, el acero y el aluminio de menos de una pulgada de espesor. El agujero más pequeño que puede cortar el acero, de calidad media, es el doble de grueso que la capacidad de corte máxima recomendada de 45 mm [51].

2.8.2. Características Operacionales de Cortadora Plasma

- Placas con un grosor máximo de 40 mm.
- La anchura de la ranura cortada es de 2-4 mm.
- Suele dejar bordes irregulares.
- El haz suele ser de unos 5 mm.
- Corte rápido.

Con este procedimiento se puede cortar cualquier metal conductor de la electricidad, siempre que el grosor y la forma del metal permitan que el flujo de plasma lo traspase por completo [52].

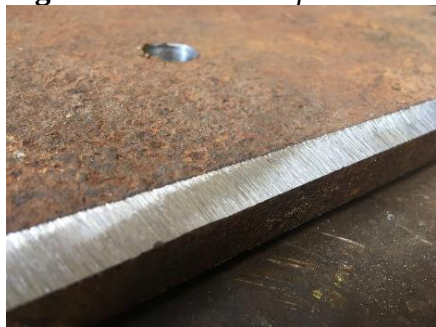
2.9. Aplicaciones Sobre el Corte de Plasma

2.9.1. Biselado

Cortar una porción de forma que su borde no sea perpendicular a su parte superior se conoce como biselado y se indica en la figura 9. Aunque los bordes biselados presentan diversas formas, las más comunes son V, A, X, Y superior, Y inferior y K. Estos bordes son necesarios para varios procesos de montaje, como la preparación de soldaduras. Aunque el corte en bisel también puede hacerse a mano, lo más frecuente es utilizar equipos mecánicos de corte por plasma porque permiten una mayor precisión y un corte más rápido, lo que aumenta la productividad [53].



Figura 9. *Biselado en plancha metálica.*



Tomado de: [54]

2.9.2. Corte y Cincelado de Largo Alcance

Al cortar con plasma o cincelar en lugares de difícil acceso, el corte prolongado permite un mayor alcance. El corte de esquinas, canales, bordes y pestañas se realiza con accesorios de largo alcance. El grabado por plasma funciona de forma similar al corte por plasma y puede aplicarse a cualquier metal conductor. La capacidad de reducir los niveles de ruido y contaminación en el lugar de trabajo es una de las ventajas del corte por plasma. Aunque puede hacerse con maquina manual como se indica en la figura 10, para este tipo de corte suelen utilizarse mesas de corte CNC totalmente automáticas. El corte por hilo largo puede utilizarse, por ejemplo, para eliminar fallos de soldadura, cortar esquinas, ranuras, vigas con ranuras profundas, bordes y bridas [53].

Figura 10. *Corte de largo alcance.*



Tomado de: [55]

2.9.3. Corte de Superficies

Podemos cortar piezas frágiles y asimétricas, piezas con propiedades o características extremadamente finas o materiales que requieran tolerancias estrechas utilizando corte por plasma de calidad superior. El corte por plasma de calidad superior ofrece los resultados deseados para cortar objetos con estas propiedades, ya que el proceso de corte debe ser capaz de producir rebajes



extremadamente finos [53]. Para el corte plasma, también se debe emplear el EPP necesario como se puede observar en la figura 11, al igual que en los procesos de oxicorte.

Figura 11. *Corte de superficies mediante uso del plasma.*



Tomado de: [56]

2.10. Normativa Aplicada a Corte de Materiales

2.10.1. Normativa para Corte Plasma

La normativa AWS C4.6M-2006 presenta los principios que se aplican para demostrar la calidad de las superficies que han sido cortados térmicamente independientes a cualquier proceso; sea por oxicorte, por plasma o laser. Las tolerancias de calidad y especificaciones geométricas pueden ser obtenidas o registradas por cualesquier procedimiento y material, aun cuando, dependiendo de cualquier tipo y condición de trabajo, servicios y de la tecnología empleada, se puede obtener calidades diferentes [57].

La calidad de corte de los materiales que son cortados por cortes térmicos se caracteriza por según las especificaciones de la normativa AWS C4.6-2006:

- Tolerancias de perpendicularidades, u;
- Alturas medias del perfil, Rz5.

Además, se pueden considerar los siguientes valores:

- Arrastre, n;
- Fusión de los bordes superiores, r;
- Presencia de escoria o gotas de fusión en el borde inferior [57].

La normativa ISO 9013-2017 presenta las especificaciones geométricas del producto y tolerancias de calidad para la clasificación de cortes térmicos en materiales aptos para oxicorte, corte por plasma y laser. Es aplicable a cortes con llama de 3mm a 300 mm y por cortes de plasma de 0,5 mm a 150 mm [58]. Además, se presenta las tolerancias dimensionales que se indican en la tabla 1.



Tabla 1. *Desviaciones límites para tolerancia ISO 9013:2002*

Espesor de la pieza	DIMENSIONES NOMINALES (mm)							
	0 a 3	3 a 10	10 a 35	35 a 125	125 a 315	315 a 1000	1000 a 2000	2000 a 4000
	Desviaciones límites							
0 a 1	+/- 0,1	+/- 0,3	+/- 0,4	+/- 0,5	+/- 0,7	+/- 0,8	+/- 0,9	+/- 0,9
1 a 3,15	+/- 0,2	+/- 0,4	+/- 0,5	+/- 0,7	+/- 0,8	+/- 0,9	+/- 1	+/- 1,1
3,15 a 6,3	+/- 0,5	+/- 0,7	+/- 0,8	+/- 0,9	+/- 1,1	+/- 1,2	+/- 1,3	+/- 1,3
6,3 a 10	-	+/- 1	+/- 1,1	+/- 1,3	+/- 1,4	+/- 1,5	+/- 1,6	+/- 1,7
10 a 50	-	+/- 1,8	+/- 1,8	+/- 1,8	+/- 1,9	+/- 2,3	+/- 3	+/- 4,2
50 a 100	-	-	+/- 2,5	+/- 2,5	+/- 2,6	+/- 3	+/- 3,7	+/- 4,9
100 a 150	-	-	+/- 3,2	+/- 3,3	+/- 3,4	+/- 3,7	+/- 4,4	+/- 5,7
150 a 200	-	-	+/- 4	+/- 4	+/- 4,1	+/- 4,5	+/- 5,2	+/- 6,4
200 a 250	-	-	-	-	-	+/- 5,2	+/- 5,9	+/- 7,2
250 a 300	-	-	-	-	-	+/- 6	+/- 6,7	+/- 7,9

Tomado de: [59].

2.10.2. Normativa para Riesgo de Estallido de Herramientas de un Equipo de Trabajo

La normativa ISO/TR 22100:2021 ayuda al diseñador/fabricante de maquinaria y componentes relacionados a determinar y cómo utilizar el sistema de normas actuales de seguridad de maquinaria de tipo A, tipo B y tipo C para construir una máquina con un nivel aceptable de riesgo mediante una reducción eficaz del riesgo [60].

La normativa ISO 12100-2:2004 esboza conceptos tecnológicos que podrían ayudar a los diseñadores a lograr la seguridad de las máquinas. Esta directriz no aborda los daños a los animales domésticos, la propiedad o el medio ambiente [61].

La normativa ISO/TR 14121-2:2012 proporciona directrices prácticas sobre la realización de evaluaciones de riesgos para equipos de conformidad con la norma ISO 12100 y explica varias metodologías e instrumentos para cada etapa del proceso. Proporciona ejemplos de varios métodos de reducción de riesgos y está diseñada para su uso en evaluaciones de riesgos en una amplia gama de máquinas basadas en la complejidad y el potencial de lesiones. Está dirigido a cualquier persona implicada en el diseño, instalación o modificación de maquinaria [62].



2.10.3. Normativa para Partes del Equipo con Temperaturas Elevadas

La normativa ISO 13732-1:2006 proporciona recomendaciones en circunstancias en las que es importante establecer los límites de temperatura para superficies calientes, sin embargo, no especifica las temperaturas de las superficies [63].

La norma ISO 15536-1:2006 especifica los umbrales de temperatura para las quemaduras que se podrían producir cuando la piel humana entra en contacto con zonas calientes. También especifica las formas de evaluar los riesgos de quemadura cuando la piel desprotegida de las personas entra en contacto con superficies calientes [64].

2.10.4. Normativa para Riesgos de Explosión

La norma UNE-EN 1127/1:2020 especifica los métodos para la identificación y análisis de posibles situaciones peligrosas que conduzcan a una explosión y, el diseño y construcción de las medidas sugeridas para la seguridad para evitar explosiones mediante evaluaciones del riesgo. A su vez, la seguridad de los equipos, y sus sistemas protectores y componentes aportan a la reducción y eliminación del riesgo por medio de: diseño adecuado, medidas de protección e información del modo de uso [65].

2.10.5. Normativa para Riesgos Eléctricos

La norma UNE-EN-60 204/1:2019 es aplicada a las máquinas y sistemas eléctricos, electrónicos sean o no programables tanto de máquinas fijas o amovibles durante su funcionamiento que están conectadas con un voltaje nominal que no sobrepase los 1000 VCA ni los 1500 VCC y para frecuencias de hasta los 200 Hz. A su vez, indica el método de protección contra contactos indirectos donde según la norma en la sección 3.1.34 explica como contacto indirecto a la acción de que un ser vivo se ha puesto bajo voltaje como producto de un fallo de aislamiento [66].

2.10.6. Normativa para Ruidos, Vibraciones y Radiaciones

Las normas UNE-EN-ISO 11201, 11202, 11203, 11204, ISO 11205:2014 explican sobre la determinación del nivel de ruido o exposición sonora en las estaciones de trabajo; indica la redacción de los códigos de prueba de ruido, proporciona explicaciones físicas de la emisión de ruido en comparación con otras fuentes o magnitudes sonoras, compara los diferentes métodos de medición, ubicación de la estación de trabajo, condiciones de montaje, funcionamiento y otras especificaciones según descrito en las normas [67].



CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Implementos de Seguridad

Usar los EPP en procesos de manufactura es importante debido a la actividad que se desarrolla conlleva varios riesgos los cuales pueden ocasionar accidentes laborales, entre los implementos de seguridad tenemos los siguientes.

3.1.1.1. Guantes.

Actualmente, los guantes de cuero como los indicados en la tabla 12 son un elemento indispensable en el sitio de trabajo y siguen siendo los favoritos de alta demanda entre los trabajadores y los gerentes de seguridad; el cuero protege las manos contra la exposición al frío, el calor, la abrasión, los pinchazos, y los impactos.

Tabla 2. Características de los guantes de cuero.

FICHA TÉCNICA DE GUANTES DE CUERO

Figura 12. <i>Guantes de cuero.</i> 	Material	Carnaza
	Calibre de material	1,8 mm a 2,4 mm
	Material de cosido	Hilo 100% Algodón
	Diámetro puño corto	7 cm
	Resistente a la abrasión	Nivel medio - alto

Tomado de: [68]

3.1.1.2. Máscara de Soldadura.

Otro elemento de protección muy importante para los ojos, se emplea máscaras, máscaras o protectores faciales como el que se puede apreciar en la tabla 3. Además, protegen la zona facial de posibles impactos, quemaduras, y sobre todo a la exposición de la luz etc., su diseño y geometría cubren todo el rostro, permitiendo observar la fusión durante el proceso de soldadura y en procesos de corte, lo que presenta una ventaja ya que se pueden observar y realizar las correcciones durante el trabajo. Las características de las máscaras de soldadura se pueden observar en la tabla 3.



Tabla 3. *Especificaciones de la Máscara de soldadura.*

FICHA TÉCNICA DE LA MÁSCARA DE SOLDADURA		
Figura 13. <i>Máscara de soldadura automática.</i> 	Peso (Incluido el filtro)	440 gramos
	Área de visión	44 x 93 mm
	Protección UV/IR	Dependiendo del nivel de sombra 12 (permanente)
	Tiempo de cambio de estado claro a estado oscuro	0,1 ms (+23 °C)
	Tiempo de cambio de estado oscuro a claro (retardo)	100 ms – 250 ms
	Estado claro	Sombre 3
	Estado oscuro	Sombra 8-12
	Tipo de batería	Reemplazable; 2xCR2032
	Temperatura	-5 °C a +55 °C
	Vida de la batería	1500 horas
	Ajuste a tamaños de cabeza	50 – 64 cm

Fuente: [69]

3.1.1.3. Mandil de Cuero.

Fabricado en base a el material tipo carnaza con cintas de sujeción como el mostrado en la figura 14, usado principalmente para protección del cuerpo en labores de soldadura y esmeril, entre otros tipos usos industriales, soldadura y manejo de objetos calientes; específicamente se lo usa donde se requiera protección contra el calor, llamas o chispas. Algunas de las características de los mandiles de cuero se presentan en la tabla 4.

Tabla 4. *Especificaciones del mandil de cuero.*

FICHA TÉCNICA DE LA MÁSCARA DE SOLDADURA		
Figura 14. <i>Mandil de cuero.</i> 	Material	Carnaza selección media – 1.3 mm
	Costuras	Hilo de algodón calibre 30/4
	Medida	60 x 90 cm
	Protección	Mecánica y térmica de nivel medio
	Aplicaciones	Soldadura y boca de horno

Tomado de: [70]



3.1.2. Selección de Placas Metálicas

Para el presente proyecto experimental se procedió a desarrollar ensayos aplicadas en placas de: acero laminado, inoxidable, estructural tipo C, T1A anti abrasivo, aluminio y cobre; los cuales se detallan a continuación.

3.1.2.1. Acero ASTM A36.

El acero ASTM A36 es un acero de tipo estructural laminado en caliente que posee la característica de buena soldabilidad, por lo general se lo conoce como “acero dulce”, a su vez debe cumplir en Ecuador la norma NTE INEN 115 bajo la calidad de ASTM A36 – SAE J 403 1008. La composición química del acero ASTM A36 se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5. *Composición química del acero ASTM A36.*

MATERIAL	%C	%Mn	%P	%S	%Si	%Cu
ASTM A36	0,25 – 0,29	0,80 – 1,2	0,04 máx.	0,05 máx.	0,4 máx.	0,2 máx.

Tomado de: [71]

Las propiedades mecánicas de esta clase de acero principalmente se destacan por una resistencia máxima de 400 a 500 MPa, límite elástico de 250 MPa y alargamiento del 20% mínimo, algunas de sus características mecánicas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. *Propiedades mecánicas del acero ASTM A36.*

Figura 15. *Plancha de acero ASTM A36*



MATERIAL	FLUENCIA (MPa)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ALARGAMIENTO (%)	NORMA EQUIVALENTE
ASTM A36	250 min.	400 min. 500 máx.	20 min.	SAE 1020 ASTM A-36

Tomado de: [71]

3.1.2.2. Acero Inoxidable AISI 304.

El acero inoxidable AISI 304 es ampliamente utilizado por caracterizarse por presenta una gran soldabilidad, conformabilidad en frío y resistencia a la corrosión. Este tipo de acero se emplea para la fabricación de enceres domésticos, cuchillería, arquitectura y en la industria automotriz [72]. El



acero AISI 304 también es considerado como acero austenítico, aleado con Cr y Ni, y bajo porcentaje de C por lo que presenta una excelente resistencia a la corrosión, la composición química de este acero se puede observar en la tabla 7. El acero inoxidable AISI 304 es ampliamente utilizado por caracterizarse por su gran resistencia a la corrosión, al conformado en frío y a la soldadura. Este tipo de acero se emplea para la fabricación de enceres domésticos, cuchillería, arquitectura y en la industria automotriz [72]. El acero AISI 304 también es considerado como acero austenítico, aleado con Cr y Ni, y bajo porcentaje de C por lo que presenta una excelente resistencia a la corrosión, la composición química de este acero se puede observar en la tabla 7. El acero inoxidable AISI 304 es ampliamente utilizado por caracterizarse por su excelente conformabilidad en frío, soldabilidad y resistencia a la corrosión. Este tipo de acero se emplea para la fabricación de enceres domésticos, cuchillería, arquitectura y en la industria automotriz [72]. El acero AISI 304 también es considerado como acero austenítico, aleado con Cr y Ni, y bajo porcentaje de C por lo que presenta una excelente resistencia a la corrosión, la composición química de este acero se puede observar en la tabla 7.

Tabla 7. *Composición química del acero inoxidable AISI 304.*

MATERIAL	%Cr	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni
AISI 304	18 - 20	0,08	1	2	0,04	0,03	8 – 10,5

Tomado de: [73]

Las propiedades mecánicas de este tipo de acero AISI 304 principalmente se destacan por una resistencia máxima de 479,19 MPa, límite elástico de 175,82 MPa y la elongación del 40% mínimo, algunas de sus propiedades mecánicas se pueden observar en la tabla 8.

Tabla 8. *Propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304.*

Figura 16. *Plancha de acero inoxidable*



RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		ELONGACIÓN (MIN).	PRUEBAS DE DUREZA (MÁX),	
Kg/mm2	psi	Kg/mm2	psi	%	Rockwell B	Vickers
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Tomado de: [73]



3.1.2.3. Perfil Estructural G.

Los perfiles estructurales tipo G son fabricados con acero negro laminado en caliente y son conformados en forma de G mediante un proceso al frío considerando la norma de fabricación NTE INEN 1623 bajo la calidad ASTM A36 y SAE J403 1008. Por lo tanto, sus características técnicas de composición química y propiedades mecánicas son las mismas que el acero ASTM A36 anteriormente especificados.

3.1.2.4. Aluminio (Plancha antideslizante).

Las planchas de aluminio son fabricadas en base a la norma NTE INEN 115 los cuales son utilizadas para estructuras de furgones, forros interiores de buses, ductos, maquinado de piezas automotrices, entre otros; se caracteriza por ser resistente a la corrosión, dúctil, conductividad y reciclable [74]. El aluminio presenta en su composición química elementos de aleación principalmente el Fe y Si, y bajo porcentaje de Ti y Mg por lo que presenta una excelente resistencia a la corrosión, la composición química de este acero se puede observar en la tabla 9.

Tabla 9. *Composición química del aluminio.*

MATERIAL	%Fe	Si	%Cu	%Mn	%Mg	%Zn	%Cr	%Ti	%Al
Aluminio	0,11	0,22	0,02	0,01	0,015	0,03	-	0,01	REMAINDER

Tomado de: [74]

Las propiedades mecánicas del acero se destacan por una resistencia mecánica máxima de 1372,93 MPa y la elongación máxima 12%, algunas de sus propiedades mecánicas se pueden observar en la tabla 10.

Tabla 10. *Propiedades mecánicas del aluminio.*

Figura 17. *Plancha de Aluminio*



DIMENSIÓN ESTÁNDAR	ESPESOR	RESISTENCIA MECÁNICA	ELONGACIÓN
1200 X 2440 mm	1 – 3,00 mm	137 – 140 kg/mm ²	8 – 12 %

Tomado de: [74]



3.1.2.5. T1A Anti Abrasivo.

El material T1A anti abrasivo son fabricadas con acero negro aleado excelente capacidad para soportar el desgaste abrasivo (dureza 400HB y 500 HB), presenta una excelente resistencia a la corrosión que otros aceros al carbono. Se emplea para minerales, materiales abrasivos y componentes de movimiento de tierras de maquinaria pesada. El T1A presenta en su composición química elementos de aleación principalmente el Mn y Si, y bajo porcentaje de B y Ti por lo que presenta una excelente resistencia a la corrosión, la composición química de este acero de alta dureza se puede observar en la tabla 11.

Tabla 11. *Composición química del T1A anti abrasivo.*

MATERIAL	DUREZA	C	SI	Mn	Cr	Ti	B
T1A	400 HB	0,26	0,55	1,6	0,4	0,02	0,004
Anti abrasivo	500 HB	0,36	0,55	1,6	0,8	0,02	0,004

Tomado de: [75]

Las propiedades mecánicas del T1A se destacan por una resistencia mecánica máxima de 1449 MPa y punto de fluencia de 1449 MPa con la versión de dureza de 500 HB, algunas de sus propiedades mecánicas se pueden observar en la tabla 12.

Tabla 12. *Propiedades mecánicas del T1A anti abrasivo.*

Figura 18. *Plancha de T1A Anti Abrasivo*



	RESISTENCIA MECÁNICA	PUNTO DE FLUENCIA
DUREZA	MPa	MPa
400 HB	1316	1163
500 HB	1449	1449

Tomado de: [75]

3.1.2.6. Chapa de Cobre.

El material es fabricado en base a cobre electrolítico del 99,99%, algunas de las características del material se presentan en la tabla 13.



Tabla 13. *Características generales del cobre.*

PUREZA	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	DOBLEZ
Cobre C11000 Pureza 99,994% min	Alta conductividad min 100% IACS a 20 °C	0,934 CAL/cm ² /°C/sec (20°C) a 101% IACS	Dobleza a 120° sin fisuras ni desprendimientos.

Tomado de: [76]

Las propiedades mecánicas del cobre se destacan por una resistencia mecánica máxima de 250 MPa y punto de fluencia de 120 MPa con la versión de dureza de 70 HB, algunas de sus características mecánicas se muestran en la tabla 14.

Tabla 14. *Propiedades mecánicas del cobre.*

Figura 19. *Plancha de cobre.*



ESTADO	RESISTENCIA MECÁNICA A LA TRACCIÓN	LIMITE ELÁSTICO CONVEC.	ALARGAMIENTO % MÍNIMO	DUREZA HB 2,5/62,5 VALOR APROXIMADO
Recocido	250 MPa	120 MPa	30 %	70 HB

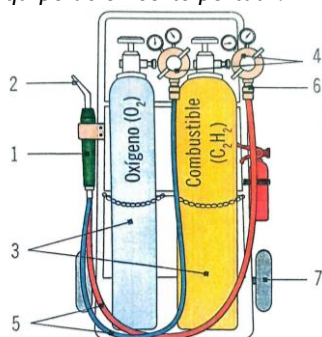
Tomado de: [76]

3.1.3. Equipo de Oxicorte

Los elementos que conforman un equipo de oxicorte manual se destacan los sopletes, mangueras, manómetros y los cilindros que contienen el gas combustible y otro de gas comburente como se puede observar en la figura 19. En la tabla 15 se indican todos los elementos de un equipo de oxicorte.

Tabla 15. *Partes del equipo de oxicorte.*

Figura 20. *Equipo de oxicorte portátil.*



PARTES

- 1.- Soplete
- 2.- Tobera
- 3.- Cilindro
- 4.- Manorreductores
- 5.- Mangueras
- 6.- Válvulas antirretorno
- 7.- Carretilla de transporte

Tomado de: [77]



3.1.3.1. Soplete.

De acuerdo a [77] el soplete es: “el elemento utilizado en oxicorte para cortar el componente a través del cual se expulsa la llama de precalentamiento y el chorro de oxígeno a alta presión. La diferencia fundamental entre un soplete de corte y un soplete de soldadura oxiacetilénica es el chorro de oxígeno utilizado para conseguir la oxidación. El objetivo de la llama de precalentamiento es calentar el material hasta su temperatura de ignición y, a continuación, proyectar un chorro de oxígeno en la zona calentada, provocando la oxidación y la incisión de la porción.”

En el mercado existen diferentes tipos de sopletes, el de uso más común es el soplete universal que posee una sola boquilla de corte como se puede observar en la figura 21.

Figura 21. Soplete.



3.1.3.2. Encendedor.

El chispero se utiliza para el encendido de la antorcha y puede ser del tipo manual o eléctrico; comúnmente se emplea el de tipo manual el cual se indica en la figura 22.

Figura 22. Chispero.



3.1.3.3. Cilindros.

Los cilindros como los indicados en la figura 23 permiten almacenar el combustible (acetileno, hidrogeno, propano, hulla, terreno o crileno y el comburente que siempre se emplea el oxígeno; estos gases se encuentran almacenados a una presión interior de 151,99 bares, en la salida de las



botellas o cilindros se colocan los reductores de presión que como su nombre lo manifiesta reducen la presión entre 1 a 10 bares [77].

Figura 23. *Cilindros del equipo de oxicorte.*



3.1.3.4. Manorreductores.

Es el encargado de medir la presión de los gases comprimidos en el contenedor y se los mide en kg/cm, atmósferas o bares. Los manorreductores son los encargados de regular la presión de salida y mantenerla constante, por lo general en cada cilindro se coloca un reductor como se puede observar en la figura 24. Las diferencias que existen entre sus modelos radican en la calidad y robustez de estas misma, además es para determinar la presión del trabajo como también para el gas que ha sido diseñado.

Figura 24. *Manorreductores*



Su funcionamiento es que al accionar el tornillo de regulación da apertura a la válvula, aumentando la presión en la membrana y esta a su vez se mueve con la válvula de entrada de gases obteniendo así una salida de presión constante.



3.1.3.5. Mangueras.

La manguera son tubos de goma trenzados por encima con hilos resistentes a las condiciones climáticas, a la abrasión, al deterioro por el tiempo y a la presión, su utilidad es para el transporte de gases, en esta situación del tanque al soplete. La manguera de color azul o verde es para el oxígeno, rojo para el acetileno y naranja para el propano como se puede observar en la figura 25.

Figura 25. *Mangueras de oxígeno y acetileno.*



3.1.3.6. Válvula Antirretorno.

Esta válvula antirretorno también conocida como válvula antirretroceso presentada en la figura 26 están ubicadas posterior al manorreductor en cada línea del comburente y del combustible, actúa como un dispositivo de seguridad permitiendo el paso del gas en un solo sentido, y a su vez evita que la llama pueda retroceder.

Figura 26. *Válvulas antirretornos.*



3.1.4. Cortadora Plasma ALPHA

Está diseñada para transformar la energía a un amperaje y corriente adecuados para por medio de un material de salida obtener un plasma que impactará con el material calentándolo a una determinada temperatura que será cortado por la presión de aire de salida de la pistola, el equipo a



utilizar es la marca ALPHA y además sus atributos se muestran a continuación tabla 16, para su funcionamiento es necesario tener una fuente de alimentación con corriente alterna de 220V.

Tabla 16. *Especificaciones técnicas de la cortadora plasma ALPHA PL1070 M2X.*

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Figura 27. Cortadora plasma ALPHA. 	Modelo	PL 1070 M2X
	Voltaje	220V
	Frecuencia	50 - 60 Hz
	Potencia nominal	8 kVA
	Rango de amperaje	10 A – 70 A
	Clase	Class 1
	Peso	20 kg
	Origen	China

Tomado de: [78]

3.1.4.1. Soplete o Pistola de Corte.

La pistola de corte presentada en la figura 28 es la encargada de que al momento de accionarla apretando el gatillo, la fuente de que suministra la tensión genera una corriente continua que fluye por medio de esta conexión y también iniciando el chorro de gas de plasma.

Figura 28. *Soplete de corte.*



3.1.4.2. Manómetro de Presión de Aire.

El manómetro de presión de aire indicado en la figura 29 es un indicador de presión analógico que está encargada de medir adecuadamente la presión de un gas o fluido, están diseñados con un dial circular y un punto accionado mecánicamente que han sido usados por años.



Figura 29. *Manómetro de presión del aire.*



3.1.4.3. Trampa de Humedad.

La trampa de agua de la cortadora plasma es un componente que permite eliminar los residuos del aire que ingresa y que posteriormente será ionizado. Además, esta trampa permite eliminar el agua y la humedad del aire comprimido, en la figura 30 se puede apreciar la trampa de agua que incorpora la cortadora ALPHA.

Figura 30. *Trampa de humedad.*



3.1.4.4. Pinza de Tierra.

Se conecta a la conexión o pinza de tierra indicada en la figura 31 en la cortadora plasma, el modelo que emplea la cortadora plasma es el COPLA-40 con una distancia de 3 metros.



Figura 31. *Pinza de tierra.*



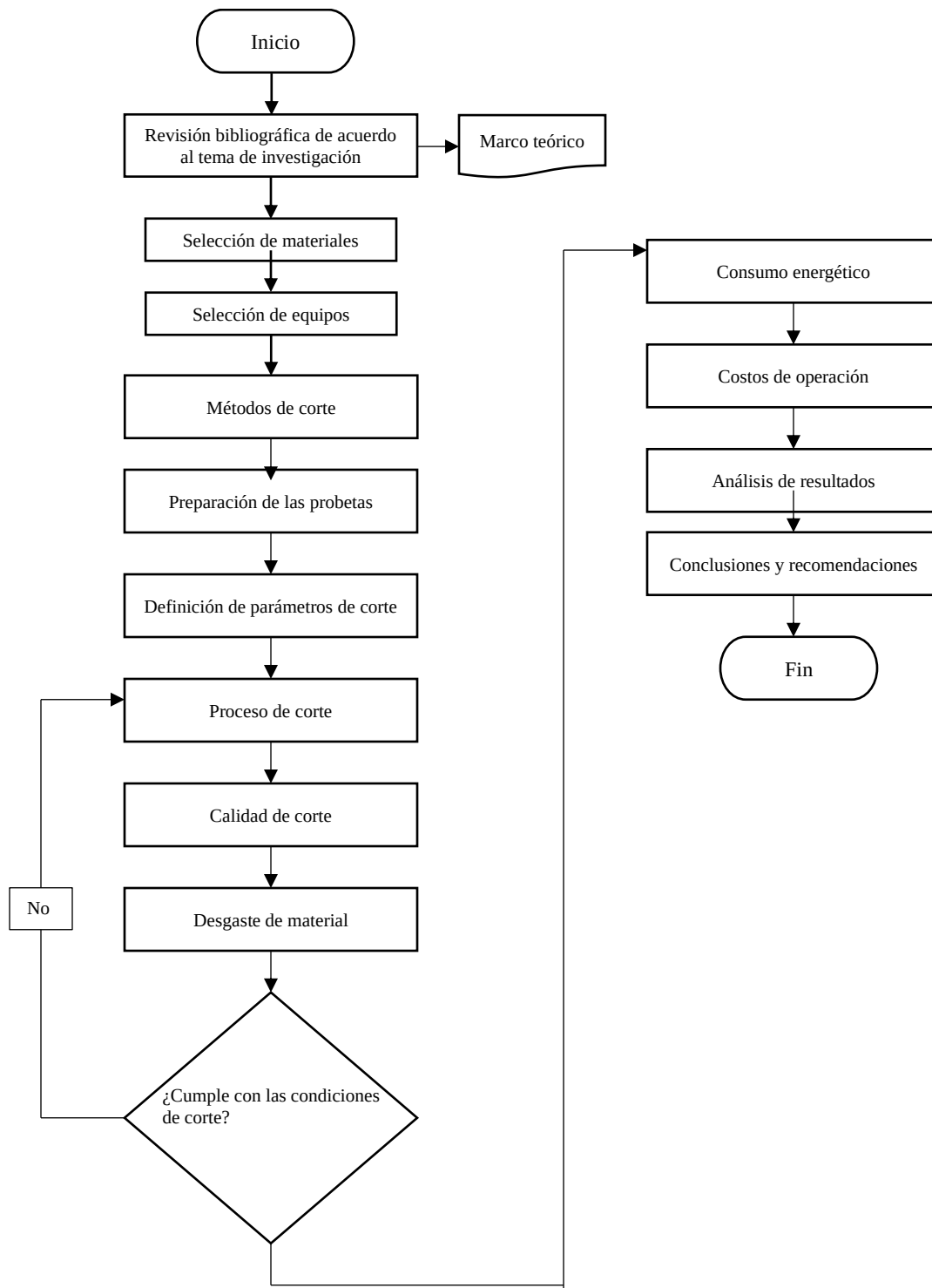
3.2. Métodos

En el presente trabajo investigativo a desarrollarse se empleará un enfoque mixto de tipo cuantitativo, cualitativo, descriptiva y experimental; ya que se empleará diferentes valores que están especificados en la norma AWS C4.6M y de acuerdo al manual [79], cuyos valores se basarán en el tipo de material y espesor los cuales permitirán determinar la calidad del procedimiento de corte plasma bajo las especificaciones de la documentación válida antes mencionadas.

El objetivo será analizar la calidad de corte y desempeño de la cortadora plasma manual bajo los parámetros de corte por plasma, se optó por una metodología experimental que se aplica a la práctica en el taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz - UTN, que el tema posee una firme justificación teórica y bajo la documentación existente de manuales, se procede a realizar una investigación exploratoria y observatorio para asociar los factores y variables que influyen principalmente en el corte mediante plasma, el proceso del desarrollo metodológico se puede observar en la figura 32.



Figura 32. *Proceso metodológico.*





3.2.1. Investigación Experimental

La investigación que se realizara es netamente experimental debido a que se realizará ensayos de corte plasma con diferentes materiales, por lo que se analizara y comparará los resultados registrados con cada probeta con la finalidad de discutir la calidad de corte, calidad de superficie de las probetas, tiempos de corte y el desempeño del equipo de corte plasma.

3.2.2. Técnicas

Al ser un trabajo experimental de prueba y error se empleará algunas técnicas para registrar cada parámetro en el desarrollo de los ensayos.

3.2.2.1. Observación Experimental.

La observación experimental permitirá documentar y registrar cada variable que será utilizados para realizar las pruebas en todos los materiales cuyos espesores se determinaran mediante la medición con instrumentos adecuados durante el desarrollo del proyecto, además esta técnica permitirá la observación directa de la calidad de corte y de la superficie de cada probeta y a través de ello identificar errores y plantear alguna solución para corregir cualquier anomalía.

3.2.2.2. Análisis de Manuales.

El análisis de normas y manuales se aplica como una estrategia para guiarse en cada proceso y establecer las variables con la finalidad de registrar los datos por medio de la revisión, comprensión y aplicación del proceso que dicte la documentación disponible.

3.2.2.3. Recolección de Datos.

La recopilación de los datos se realizará por medio del registro de los datos especialmente de los valores del espesor, velocidad de corte, temperatura y amperaje con cada material; además cada ensayo se realizará 3 cortes con el mismo material, cuyos datos serán clasificados y promediados mediante la utilización de un software estadístico.

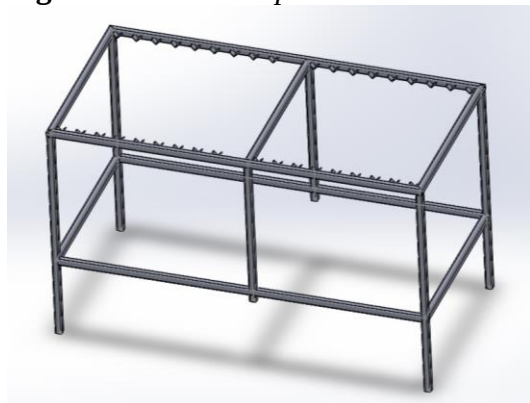
3.3. Diseño de la estación de corte

El diseño de la estación de corte consiste en: mesa de corte adecuada para los cortes, implementos de seguridad para el corte plasma y máquina de corte plasma. El diseño de la mesa está basado en el funcionamiento del corte plasma que va a atravesar el material metálico con un corte por chorro térmico, por esta razón se planteó el uso de varillas intercambiables porque sucederían corte a estas lo cual con el uso las terminarían seccionando y esto facilita el remplazo de estas. El diseño de la



mesa se basa en una estructura metálica como se observa en la figura 33, en la cual también se puede apreciar los soportes tipo V donde se alojarán las varillas.

Figura 33. Estación para corte de materiales.



El espaciado entre los soportes de tipo V se da para realizar los respectivos cortes por el espacio entre ellas, también las varillas son reemplazables porque puede existir un corte que las inhabilite para su función de soporte y se las puede retirar según la necesidad de corte o del material. Como se puede observar en la figura 34 ya se encuentran colocadas las varillas como deberían colocarse en su respectivo sitio.

Figura 34. Ubicación de las varillas en la estación de corte.



En base a los diseños se procedió al utilizar la estructura de una mesa realizada en tubo estructural cuadrado negro con el siguiente procedimiento de soldado con el método de soldadura por electrodo o SMAW, luego se adecuó los soportes tipo V que son 36 en total a una distancia adecuada para que estén 18 uno enfrente del otro de forma opuesta que permita la colocación de las varillas.



3.4. Métodos de Corte

Los métodos de corte se realizarán principalmente con el plasma, el cual será comparado con el oxicorte; con cada método de corte se va a considerar las siguientes condiciones como el amperaje, velocidad de corte en el caso del uso de la cortadora plasma. Se empleará la cortadora plasma ALPHA modelo PL 1070 M2X, en la cual se va a variar el amperaje a través de la configuración ingresada por el selector de amperaje; esta cortadora tiene la capacidad de variar de 0A a 70A, por lo que se realizara los ensayos con los amperajes adecuados los cuales se manifiestan en la sección 2.5. En el caso del oxicorte se considera la presión, tipo y mezcla de gases (acetileno/oxígeno), velocidad de corte; en ambos casos se considera el tipo de material.

En función del tipo de material se puede también seleccionar el tipo de proceso de corte, como se puede observar en la tabla 17.

Tabla 17. *Selección del proceso de corte.*

SELECCIÓN DEL PROCESO DE CORTE SEGÚN EL MATERIAL		
Material	Oxicorte	Corte por plasma
Acero al carbono	Sí	Sí
Acero inoxidable	Tratamiento especial	Sí
Fundición	Tratamiento especial	Sí
Aluminio	No	Sí
Titanio	Tratamiento especial	Sí
Cobre	No	Sí

Tomado de: [80]

3.5. Preparación de Probetas

Previo al corte con cada material, se realiza la preparación de las probetas donde se establece el dimensionamiento y su identificación con cada material; a su vez se va a realizar tres ensayos por cada probeta por lo que cada probeta será identificada con un código.

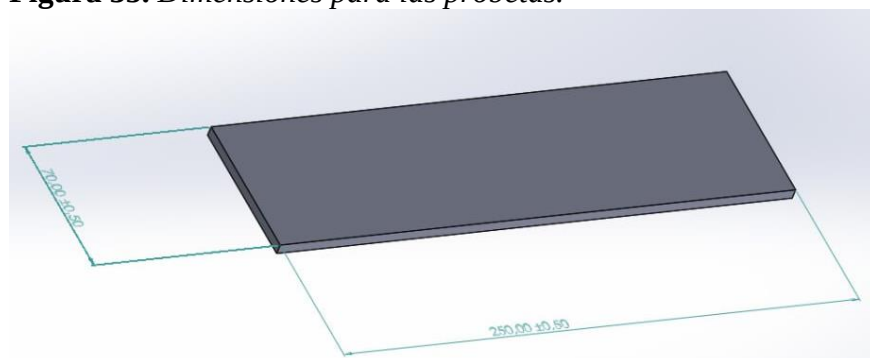
3.5.1. Dimensionamiento de Probetas

El dimensionamiento de las probetas para los ensayos usando el método de corte térmico de metales mediante los procesos de oxígeno como también para el corte por plasma no existe una normativa actual que indique o detalle las medidas, por lo que las siguientes medidas para los distintos grosores de material indicados ASTM A-36 y AISI 304 se realizó por parte del autor y se



detallan en la figura 35, en la cual el largo (L) de la probeta será de 25 cm y el ancho (A) de 7 cm; el espesor (e) se determinará en la identificación de cada probeta disponible.

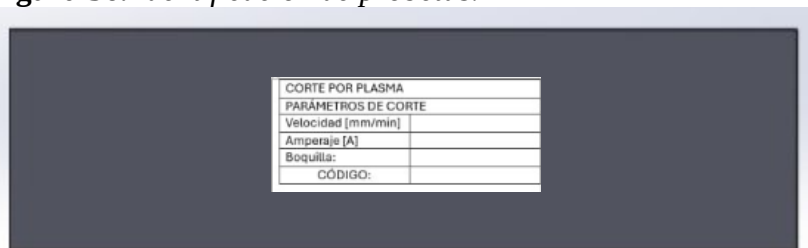
Figura 35. Dimensiones para las probetas.



3.5.2. Identificación de Probetas

La identificación de cada probeta es importante, como se mencionaba se realizará en cada material tres ensayos por lo que identificar cada probeta para posteriormente su análisis es primordial, a fin de que se realice el correcto registro de los resultados. Para ello, se colocará una etiqueta en la parte frontal visible en la probeta y se considerara a su vez la dirección de corte, es decir, la etiqueta será ubicada con respecto a la esquina del inicio o final del corte, como se muestra en la figura 35, en la cual se puede observar las variables que se tomara en cuenta para realizar el corte plasma. En el caso de las probetas para el oxicorte se tomará en cuenta la velocidad de corte, presión de los gases y regulación para el tipo de aplicación.

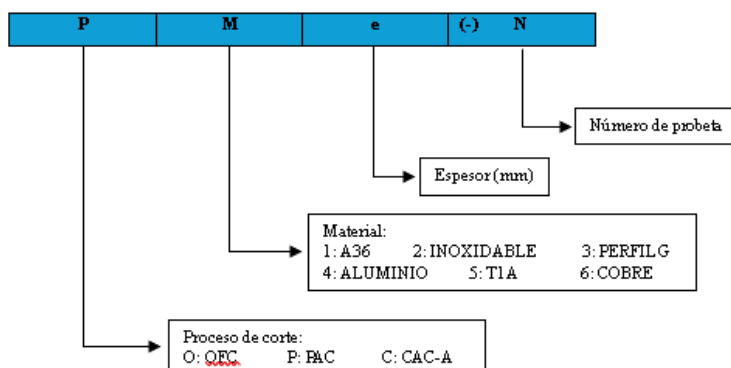
Figura 36. Identificación de probetas.



Además, en la figura 36 en la parte inferior se especifica un código el cual se designará de la siguiente manera conforme lo indica la figura 37, la cual especifica el proceso de corte, material, calidad de corte, espesor seguido por un guion (-) y posteriormente se indicará el numero de la probeta.



Figura 37. Designación para el código de cada probeta.



De acuerdo a la figura 37, tenemos la designación del proceso de corte donde:

OFC: OXI FUEL CUTTING

PAC: PLASMA ARC CUTTING

CAC-A: CUTTING ARC CARBON AIR.

3.5.2.1. Identificación de cada probeta.

Conocida el diseño y los aspectos para la designación de las probetas, en la siguiente tabla 18 se indicada un ejemplo de la identificación en la probeta y la designación dada para cada probeta, se podrá observar la designación de la primera probeta; por cada material se realizará tres probetas.

Tabla 18. Probetas con identificación.

IDENTIFICACIÓN DE PROBETAS		
Fotografía	Código	
Figura 38 Identificación de probeta acero A36. 	P 1 (2) – 1 {2 y 3}	O 1 (2) – 1 {2 y 3}
	P 2 (4) – 1 {2 y 3}	O 2 (4) – 1 {2 y 3}
	P 3 (2) – 1 {2 y 3}	O 3 (3) – 1 {2 y 3}
	P 4 (3,26) – 1 {2 y 3}	O 4 (3,26) – 1 {2 y 3}
	P 5 (8,2) – 1 {2 y 3}	O 5 (8,2) – 1 {2 y 3}
	P 6 (0,66) – 1 {2 y 3}	O 6 (0,66) – 1 {2 y 3}



3.6. Parámetros de Corte

Para obtener la mejor posible calidad de corte se considera algunas consideraciones como el gas empleado, presión y caudal del mismo gas, la superficie, ancho y ángulo de corte, distancia de la boquilla y velocidad de corte; además, el material a cortar, las herramientas utilizadas y las circunstancias de corte influyen en estas características.

3.6.1. Parámetros para el oxicorte

Los parámetros para el oxicorte son esenciales para obtener un corte de alta calidad, por lo tanto, establecer que valores se usaran en el corte será importante considerando los valores de espesor de la plancha metálica, presión del oxígeno, sangría Kerf y velocidad de corte en recto; algunos valores recomendados por el oxicorte se pueden observar en la tabla 19.

Tabla 19. *Valores recomendados para el oxicorte.*

VALORES RECOMENDADOS PARA OXICORTE (SOPLETE SIMPLE)			
Espesor (mm)	Presión O₂ (kN/m²)	Sangría Kerf (mm)	Velocidad de corte recto (mm/min)
3 – 4	200	1	700
5 – 6	400	1	730
6 – 7	500 – 750	1,6	730
8 – 9	500 – 750	1,6	700
10	500 – 750	1,6	660
15	700 – 750	1,6 – 1,9	620
20	700	1,9	560
25	800	1,9	520

Tomado de: [80]

3.6.2. Parámetros para el corte plasma

De la misma manera, los parámetros para el corte plasma son primordiales para obtener una cortadura de excelente calidad, por ende, establecer que valores se usarán en el proceso los cuales serán importantes considerando los valores de espesor de la plancha metálica, amperaje, distancia de antorcha y velocidad de avance en recto; algunos valores recomendados por el oxicorte según el tipo de material se pueden observar en la tabla 20.



Tabla 20. *Parámetros de corte plasma según el material.*

TABLA DE MATERIALES PARA CORTE			
Material	Espesor (mm)	Velocidad de corte (mm/min)	Distancia antorcha-pieza (mm)
Acero suave	1,59	6000	2 – 3
	3,18	5100	2 – 3
	4,76	3000	2 – 3
	6,35	2400	4
	9,53	1400	4
	12,7	1000	4
	15,88	640	6
	19,05	500	6
	22,23	400	6
	25,4	250	6
Acero inoxidable	3,18	4300	3
	6,35	1500	4
	9,53	1000	4
	12,7	800	4
	15,88	400	6
	25,4	150	6
Aluminio	3,18	4300	3
	6,35	2050	4
	9,53	1150	4
	12,7	750	4
	15,88	650	4
	19,05	400	5
	25,4	250	5

Tomade de: [81]

Otro factor para considerar es el amperaje, el cual puede variar según el tipo de material y su espesor y a su vez determinará la velocidad de corte, algunos de los valores del amperaje se pueden observar en la tabla 21.

Tabla 21. *Velocidades de corte según el amperaje.*

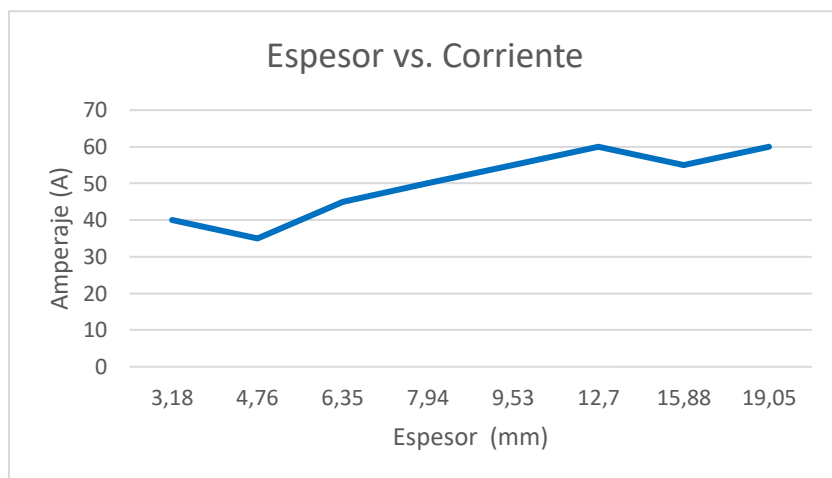
VELOCIDADES DE CORTE SEGÚN EL AMPERAJE		
Espesor (mm)	Corriente (A)	Velocidad de corte máxima (mm/min)
3,18	40	1200
4,76	35	650
6,35	45	600
7,94	50	435
9,53	55	420
12,7	60	280
15,88	55	230
19,05	60	110

Tomado de: [81]

De acuerdo al espesor en la figura 39, mientras sea mayor el espesor mayor será el amperaje que deberá ser configurado en el equipo de corte plasma.

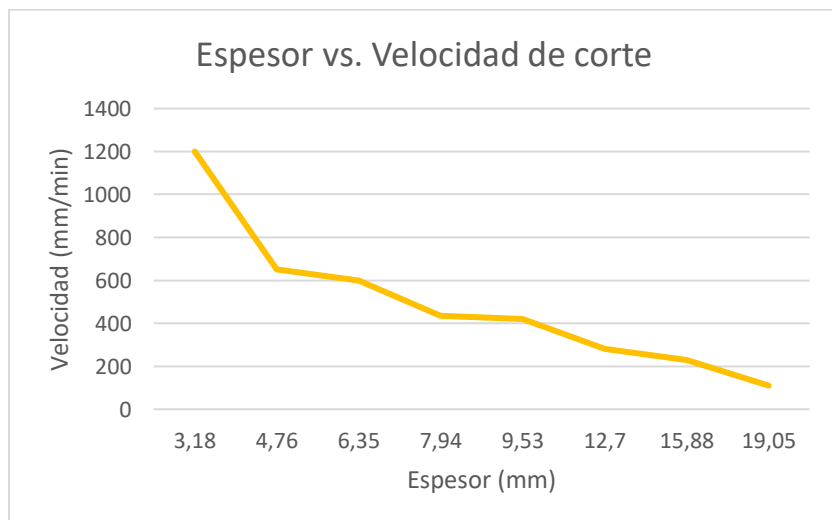


Figura 39. *Espesor vs. El valor del amperaje.*



De acuerdo al espesor en la figura 40, mientras sea mayor el espesor menor será la velocidad de corte expresado en (mm/min) que deberá ser configurado en el equipo de corte plasma.

Figura 40. *Espesor vs. La velocidad de corte.*

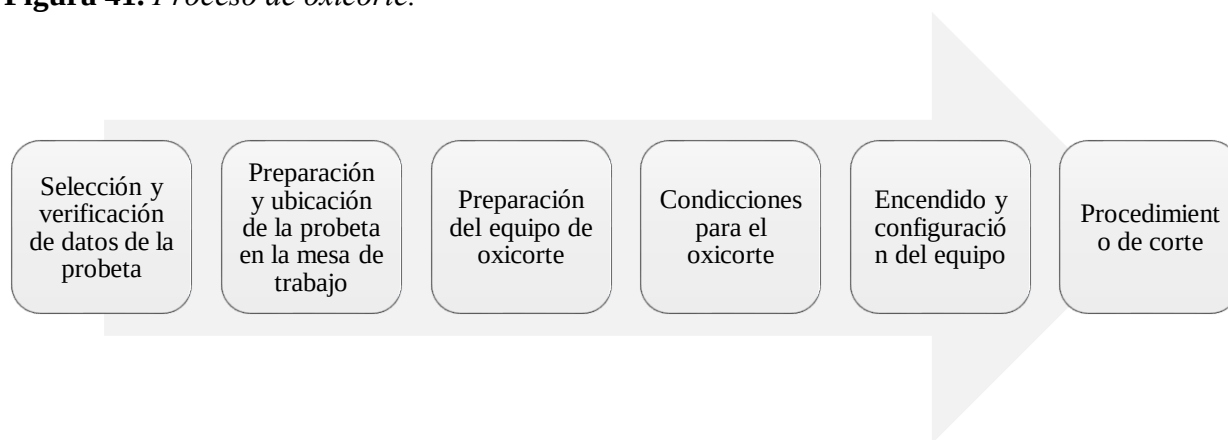


3.7. Proceso de oxicorte

El proceso de oxicorte se va a realizar de acuerdo con el siguiente diagrama de actividades mostrado en la figura 46.



Figura 41. *Proceso de oxicorte.*



De acuerdo con la figura 46, el proceso de oxicorte empieza con selección de la probeta a cortar, anteriormente la probeta deberá estar identificada por lo que durante el proceso se verificará que los datos sean los correctos de no serlos se procederá a seleccionar otra probeta. Una vez seleccionada y confirmada la probeta, se la coloca en la mesa de trabajo donde se realizará una limpieza de impurezas de la misma; preparada la pieza se empieza con la preparación del equipo de oxicorte donde seguidamente se coloca el soplete de oxicorte, se seleccionará y colocará la boquilla correspondiente al trabajo, según el corte a realizar se regulará la presión de los gases (acetileno y oxígeno), y se verificará que todos los parámetros tanto de seguridad como de operatividad para el corte sean los correctos, de no serlos se volverá a realizar el procedimiento desde control de la presión del gas. Verificado el equipo y el EPP, se procede a establecer las condiciones de corte (velocidad de corte y tipo de llama), se enciende y configura la llama e iniciar con el proceso de oxicorte. A continuación, se detallará de mejor manera cada paso del diagrama de actividades de la figura 41.

3.7.1. Selección de la Probeta y Verificación de los Datos

Antes de cada corte, se seleccionará la probeta a cortar por lo que también será necesario que se realice una verificación de los datos que estén colocados en la etiqueta de la probeta con la finalidad de corroborar el material y número de probeta, y que los datos a recolectar sean los correctos.

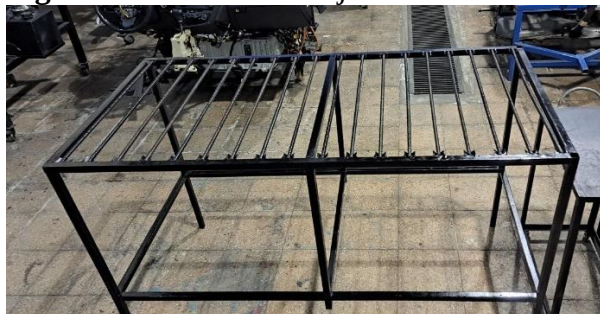
3.7.2. Ubicación de la Probeta en la Mesa de Trabajo

La probeta será colocada en la mesa de trabajo como se puede observar en la figura 42, se realizará la sujeción mediante un imán por la parte inferior de la mesa de trabajo con el propósito de evitar que la probeta no se mueva, posteriormente, se deberá realizar una limpieza de la probeta



especialmente por el área de corte, esto con la finalidad de quitar impurezas como el óxido y grasas los cuales impedirían para una calidad de corte superior.

Figura 42. Mesa de trabajo.



3.7.3. Preparación del Equipo

Antes de encender el equipo, es necesario verificar e instalar los componentes, por lo general los reguladores de presión, válvulas antirretorno y mangueras de cada cilindro ya se encuentran colocados, aun así, se aconseja hacer una evaluación de componentes.

El soplete para usar es el universal que ya dispone de una boquilla incorporada no reemplazable la cual se debe verificar el estado de la misma y revisar la presión existente en los cilindros tanto de acetileno y oxígeno como se puede observar en la figura 43 y 44 respectivamente.

Figura 43. Presión en el cilindro de oxígeno.



En el cilindro de oxígeno se muestra la presión en el tanque de oxígeno de 10 psi, el otro manómetro muestra a presión de la salida del gas. En la figura 44, se muestra la presión del cilindro de acetileno de 1200 psi.



Figura 44. Presión en el cilindro de oxígeno.



3.7.4. Condiciones para el Oxicorte

Para obtener una excelente calidad durante el proceso de oxicorte se debe tener en cuenta las condiciones esenciales para que el resultado sea el adecuado, entre las condiciones se debe tener en cuenta la presión, velocidad de corte y el espesor del material. En la tabla 22 se puede observar las condiciones que serán utilizadas con los materiales a ensayar.

Tabla 22. Valores recomendados para el oxicorte con soplete simple.

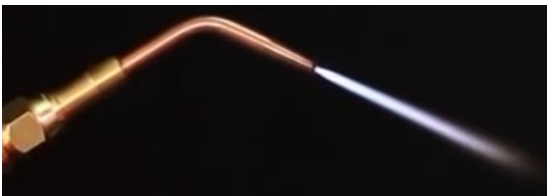
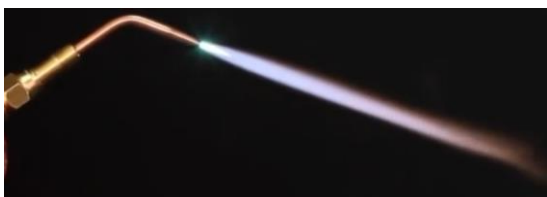
VALORES PARA EL OXICORTE CON SOPLETE SIMPLE					
Material	Espesor (mm)	Presión O ₂ (kN/m ²)	Sangría kerf (mm)	Velocidad de corte	
				mm/min	cm/s
Acero ASTM A36	2 mm	133	0,4	730	1,22
Acero Inoxidable	4 mm	200	1	700	1,17
Aluminio	3 mm	200	1	700	1,17
Acero Estructural tipo G	3 mm	200	1	700	1,17
Cobre	0,62 mm	50	0,2	800	1,33
T1A Anti abrasivo	8 mm	500	1,6	520	0,87

Tomado de: [82]

Sin embargo, para realizar las cortes se empleará el tipo de llama empleada para el oxicorte; la llama en este caso es el factor crítico para el correcto corte la cual es determinada en base a la cantidad de oxígeno. Para ello se utilizará los tres tipos de llama las cuales se pueden observar en la tabla 23.



Tabla 23. *Tipos de llama de oxicorte.*

TIPOLOGÍA DE LLAMAS PARA EL OXICORTE		
	Llama neutra	Proporción adecuada de acetileno y oxígeno, se utiliza en todas las aplicaciones en oxicorte.
	Llama oxidante	La cantidad de oxígeno es mayor que en la llama neutra, se emplea para precalentamientos acelerados.
	Llama carburante	Mayor cantidad de acetileno se usa para obtener mejores acabados.

Tomade de: [82]

3.7.5. Encendido del equipo y configuración de la llama de oxicorte

Preparar el equipo de oxicorte y elegir la boquilla adecuada para realizar el trabajo en relación con el espesor del material. Trazar la pieza, puntear con el granete y el martillo los puntos a seguir durante el corte. Montar el carrete en la boquilla del soplete y conseguir la altura adecuada o realizar a pulso. Posteriormente, abrir las botellas y regular la presión adecuada de trabajo según el espesor a cortar. Abrir el acetileno $\frac{1}{4}$ de vuelta, encender con el mechero de chispa el soplete y, a continuación, abrir $\frac{1}{4}$ de vuelta el oxígeno. Regular la llama de caldeo y comprobar que no se apaga el soplete al accionar la palanca de alta presión del oxígeno. Utilizar los equipos de protección individual.

3.7.6. Procedimiento de corte

Realizar el precalentamiento de la pieza hasta que llegue a la temperatura adecuada y tome un color rojo cereza; entonces accionamos la palanca de alta presión para conseguir el corte gracias al chorro de oxígeno. Es importante que el operario se encuentre en una posición cómoda de trabajo, para iniciar el corte y conseguir la velocidad adecuada para el espesor y el material a cortar. En la tabla 24 se explica más concretamente el precalentamiento del corte.



Tabla 24. *Efecto del precalentamiento en la calidad del corte.*

EFECTO DEL PRECALENTAMIENTO EN LA CALIDAD DEL CORTE		
Buen precalentamiento	Demasiado precalentamiento	Poco precalentamiento
El acero se encuentra a la temperatura de ignición adecuada. La cara de corte tiene una capa fina de escoria que se elimina con facilidad en el extremo inferior.	Produce deformación de la pieza. La escoria es negra y difícil de limpiar.	Imposible de realizar el corte. La antorcha está a punto de apagarse.

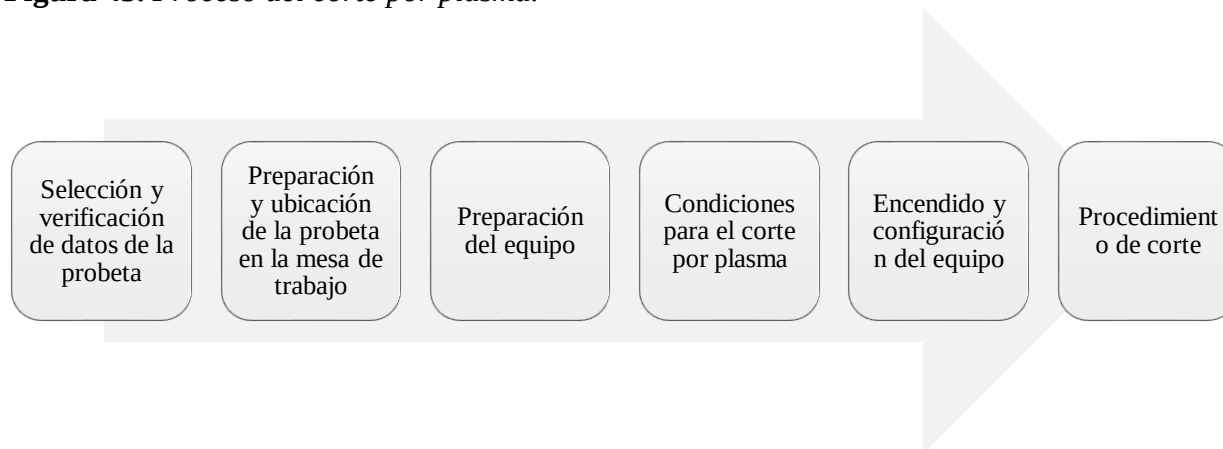
Tomado de: [82]

Avanzar lentamente en el proceso de corte y mantener la altura uniforme de la boquilla del soplete de corte unos 3 o 5 mm. Al finalizar el corte, cerrar el paso extra de la palanca de oxígeno. Primero, apagar el soplete, cerrar el acetileno y después cerrar el oxígeno. Una vez hemos finalizado el trabajo, deberemos cerrar las botellas y abrir los volantes de soplete para expulsar los gases de su interior, a la vez que dejaremos sin presión los manorreductores.

3.8. Proceso de Corte Plasma

El proceso de corte por plasma se va a realizar de acuerdo con el siguiente diagrama de flujo de actividades mostrado en la figura 45.

Figura 45. *Proceso del corte por plasma.*



3.8.1. Selección y Verificación de Datos de la Probeta

De igual manera que con el proceso de oxicorte, y antes de realizar el corte, se seleccionará la probeta para el ensayo de corte por lo que también será necesario que se realice una verificación de los datos que estén colocados en la etiqueta de la probeta con la finalidad de corroborar el material y número de probeta, para que los datos a recolectar sean los correctos.



3.8.2. Ubicación de la Probeta en la Mesa de Trabajo

De la misma manera que en el proceso de oxicorte, la probeta será colocada en la mesa de trabajo, se realizará la sujeción mediante un imán por la parte inferior de la mesa de trabajo con el propósito de evitar que la probeta no se mueva, posteriormente, se deberá realizar una limpieza de la probeta especialmente por el área de corte, esto con la finalidad de quitar impurezas como el óxido y grasas los cuales impedirían para una calidad de corte superior.

3.8.3. Preparación del Equipo

Antes de encender el equipo, es necesario verificar e instalar los accesorios, entre ellos tenemos la colocación de la manguera de aire, trampa de agua, manómetro, pinza de tierra y la pistola de corte, aun así, a su vez recomienda realizar una inspección visual de los componentes.

3.8.3.1. Requisitos de conexión del cable de alimentación.

El cable eléctrico de 220VAC debe estar firmemente sujeto al enchufe de corriente adecuada para evitar que se mueva o produzca falsos, el cable debe medir al menos 3 metros de longitud y tener la toma a tierra y conector adecuado como el indicado en la figura 46. Antes de conectar el cable a la red eléctrica se debe verificar que el interruptor de desconexión de línea AC se encuentra en la posición OFF.

Figura 46. Conector de tres pines de alto voltaje.



3.8.3.2. Interruptor de desconexión de línea.

El tipo de interruptor se selecciona de acuerdo con el tipo de fusible que posee el equipo. Además, el interruptor se debe considerar que la energía está apagada cuando el interruptor está en la posición OFF como se indica en la figura 47, y ON cuando sea necesario encender al equipo, permitiendo activar el funcionamiento de la máquina.



Figura 47. *Posicionamiento del interruptor de potencia.*



3.8.3.3. Conexión de la pistola de corte.

El enchufe será conectado al conector central y al conector positivo (+) de color rojo del equipo, y apriételo en el sentido de las agujas del reloj para evitar posibles fugas de gas o mal contacto, se deben ajustar correctamente.

3.8.3.4. Conexión del cable de tierra.

El enchufe será conectado al conector negativo (-) de color negro del equipo, y apriételo en el sentido de las agujas del reloj para el mal contacto.

3.8.3.5. Conexión de la manguera aire a presión.

La manguera de presión debe estar conectada junto a la trampa de agua y manómetro, antes de realizar la conexión se deberá ajustar el manómetro y revisar el estado del filtro y sujeción del depósito de humedad. A su vez, realizar el ajuste en la entrada de aire en el equipo y verificar la presión la cual debe estar en 65 psi.

3.8.4. Condiciones para el Corte por Plasma

Para obtener una excelente calidad durante el proceso de corte por plasma se debe tener en cuenta las condiciones esenciales para que el resultado sea el adecuado, entre las condiciones se debe tener en cuenta el espesor de la probeta, velocidad de corte y el amperaje. En la tabla 25 se puede observar las condiciones que serán utilizadas con los materiales a ensayar.



Tabla 25. *Parámetros de corte según los materiales seleccionados.*

TABLA DE MATERIALES PARA CORTE				
Material	Espesor (mm)	Velocidad de corte (mm/min)	Velocidad de corte (cm/s)	Amperaje por ensayar
Acero ASTM A36	2	4000 - 5000	6,67 – 8,33	30 – 50 – 65
Acero Inoxidable	4	1600 – 1800	2,67 - 3	30 – 50 – 65
Aluminio	3	2800 – 3300	4,67 – 5,50	30 – 50 – 65
Acero Estructural tipo G	3	3000 – 3500	5 – 5,83	30 – 50 – 65
Cobre	0,62	9000 - 11000	15 – 18,33	30 – 50 – 65
T1A Anti abrasivo	8	435	0,725	30 – 50 – 65

3.8.5. Encendido y Configuración del Equipo

Una vez colocado el material en la mesa de trabajo, se colocará el equipo alejado 2 metros de la mesa de trabajo, se deberá posicionar la pinza firmemente a una sección de la mesa metálica o elemento de trabajo que esté libre de pintura, aceite o residuos.

Se verificará el interruptor de encendido no está en uso, y la presión de aire como se mencionó deberá estar en 65 psi. Posteriormente, se establecerá el amperaje a utilizar mediante el giro de la perilla y observando el valor en la pantalla LCD.

Verificador todo y la pieza en su lugar, se procede con encender el equipo, el indicador LED de color rojo indica que la maquina se ha encendido, pero la antorcha no es activada aún.

3.8.6. Procedimiento de Corte

Una vez encendida el equipo de corte plasma (observar el indicador LED VERDE), se procede con el corte donde la persona a desarrollar el corte buscará el inicio de corte de la pieza, posteriormente la persona sostendrá con firmeza el mango de la antorcha y presionará el botón para encender la punta de este; para garantizar un buen arco en el arranque, la salida de aire se retrasa unos segundos. En este punto, la antorcha estará activada, se deberá tener el cuidado de tocar únicamente el mango de la antorcha y la pieza a cortar.

Colocar cuando la punta del mango de la antorcha está lo suficientemente cerca del inicio del corte para formar un arco, el encendido del indicador LED VERDE debe estar encendida. Paulatinamente, para iniciar el arco, golpee levemente el electrodo del soplete contra la superficie de corte y, a continuación, retroceda un poco.

Iniciado el arco se mueve el mango de la pistola sale aire hace que el metal fundido se desprenda de la pieza cuando el soplete se mantiene un poco inclinado a lo largo de la línea de corte. Si no



se consigue un recorte adecuado, modifique el caudal de aire y/o el flujo de corriente; después de retirar el gatillo, seguirá saliendo aire por el mango de la antorcha durante 30 segundos y repetir el proceso.

A su vez, si demasiada corriente es utilizada por el equipo, el protector de sobrecarga térmico se activará, la luz del indicador LED AMARRILLO de sobrecarga se encenderá y el equipo se apagará hasta que se enfríe, la unidad se reiniciará automáticamente.

3.9. Calidad de Corte

En todo proceso, la calidad importa y en este caso es un punto importante ya que se verificará la calidad de corte tanto en el proceso de corte por plasma como de oxicorte, para posteriormente comparar su calidad y determinar si existen la defectología y posibles causas.

3.9.1. Calidad del oxicorte

En determinados procedimientos, incluido el oxicorte, el factor más crucial que influye en la calidad del corte puede ser la pericia del operario, sin embargo, en cada proceso de corte existe una defectología debido a ciertas causas y fallos que se pueden observar en la tabla 26.

Tabla 26. *Determinación de la calidad de corte mediante defectos.*

CAUSAS		FALLOS	CAUSAS		FALLOS
Defectos en piezas		Puede ser debido a	Defectos en piezas		
Borde superior derretido		1.- Llama de precalentamiento demasiado alta 2.- Velocidad muy baja	Superficie de corte ondulada		1.- Velocidad muy alta
Borde superior con escorias		1.- Boquilla lejos de la pieza 2.- Presión de oxígeno demasiado alta	Muecas aisladas en la superficie de corte		1.- Velocidad muy baja 2.- Superficie con restos de óxido 3.- Superficie sucia

(Continuación de la tabla 26)



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Borde superior redondeado		1.- Boquilla gastada, dañada o sucia 2.- Presión de oxígeno demasiado alta	Muecas uniformes en la superficie de corte		1.- Velocidad muy alta 2.- Superficie con restos de óxido 3.- Superficie sucia
Reducción de la anchura en la parte inferior		1.- Velocidad muy alta	Muecas en la zona inferior		1.- Velocidad muy baja
Aumento de la anchura en la parte inferior		1.- Velocidad muy alta 2.- Presión de oxígeno demasiado alta	Escorias en el borde inferior		1.- Velocidad muy alta 2.- Boquilla lejos de la pieza
Corte en el borde superior		1.- Presión de oxígeno demasiado alta	Ranuras grandes y profundas		1.- Velocidad muy alta 2.- Velocidad no uniforme
Corte en el borde inferior		1.- Velocidad muy alta 2.- Boquilla gastada, dañada o sucia	Ranuras de profundidad desiguales		1.- Velocidad muy alta 2.- Velocidad no uniforme
Superficie de corte arqueada		1.- Velocidad muy alta	Corte incompleto		1.- Velocidad muy alta 2.- Boquilla gastada, dañada o sucia 3.- Boquilla demasiado pequeña 4.- Llama muy débil

Tomado de: [82]



3.9.2. Calidad del corte por plasma

Para determinar la calidad de corte por plasma, estos pueden variar según el tipo de material a cortar, sin embargo, es común encontrar defectos como la angulosidad, formación de escoria y la rugosidad; un corte con menos defectos determina la calidad de corte por plasma. En la tabla 27 se puede observar algunos de los efectos en materiales como es el acero al carbono, acero inoxidable y aluminio.

Tabla 27. *Determinación de calidad de corte mediante la defectología del corte.*

DEFECTOLOGÍA DEL CORTE POR PLASMA				
Localización	Defecto	Ac. Carbono	Ac. Inoxidable	Aluminio
Borde superior	Redondeado	Velocidad alta.	Velocidad alta.	
		Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Raras veces.
	Con gotas y escoria	Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Distancia Boquilla-pieza muy lejos.
		Se elimina fácilmente.	H ⁽¹⁾ alto.	
	Rugosidad superficial	Distancia Boquilla-pieza muy corta.	Concentración de H errónea. Mal ajuste de velocidad.	H insuficiente.
	Chaflán	Velocidad alta Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Velocidad alta Distancia Boquilla-pieza muy lejos.	Velocidad alta. H insuficiente.
Borde inferior	Redondeado	Velocidad alta.	Rara vez.	Rara vez
	Con gotas y escoria	Velocidad alta. Distancia lejos. Exceso de H.	Velocidad baja. H excesivo.	Velocidad alta.
	Rugosidad superficial	Distancia boquilla-pieza muy lejos.	H excesivo.	H insuficiente.
	Chaflán	Rara vez.	Rara vez.	H excesivo.
Perpendicularidad	Divergencia superior e inferior	Rara vez	Intensidad alta. H excesivo	Velocidad baja. Intensidad alta. H excesivo.
	Convergencia superior e inferior	Velocidad alta	Velocidad alta. Intensidad baja.	Rara vez.

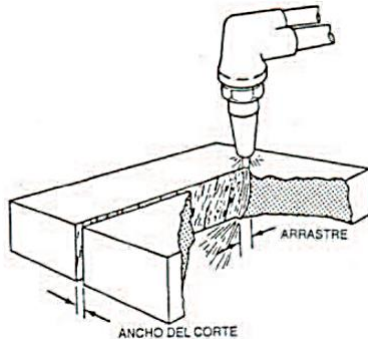
Tomado de: [82]



3.10. Desgaste de Material (Ancho de corte)

En el proceso de corte sea por oxicorte o plasma genera un desperdicio de material, esto se da en la zona de corte que por lo general se conoce como ancho de corte como se aprecia en la figura 48 la cual se denomina una holgura de material innecesario durante el corte y el cual puede variar dependiendo de ciertas variables como la distancia antorcha-pieza, diámetro del orificio de la antorcha, potencia, velocidad de corte y del gas. En la figura 48 se puede observar cómo se considera el ancho de la ranura de corte.

Figura 48. *Ancho de corte.*



Tomado de: [83]

Para determinar el ancho de corte, se realizará la toma de las medidas de la probeta después de realizar el corte con oxicorte o plasma, se comparará las medidas iniciales y finales para determinar cuál fue el ancho de la ranura generada por el corte.

3.11. Consumo Energético

3.11.1. Consumo de gases por equipo de oxicorte

Para determinar el consumo de los gases los cuales son los consumibles (Oxígeno y Acetileno) se hizo en base al número de la boquilla para los equipos de oxicorte, es necesario tener los siguientes datos indispensables para realizar el cálculo con la ecuación 1: Para determinar el consumo de los gases los cuales son los consumibles (Oxígeno y Acetileno) se hizo en base al número de la boquilla para los equipos de oxicorte [84], es necesario tener los siguientes datos indispensables para realizar el cálculo con la ecuación 1:

$$\text{Tiempo de operación} = \frac{\text{Distancia de corte}}{\text{Velocidad de avance}}$$

Ecuación 1. *Cálculo de tiempo de operación.*

Donde:



Tiempo de operación: Expresado en horas (h).

Distancia de corte: Expresado en centímetros (cm).

Velocidad de avance: Expresado en (cm/min).

Para calcular el consumo de cada gas, se emplea la ecuación 2; donde mediante tablas y le número de boquilla podemos determinar el consumo de la boquilla.

$$\text{Consumo por gas} = \text{Consumo según el número de boquilla} * \text{tiempo de operación}$$

Ecuación 2. Consumo de gases

Donde:

Consumo: Expresado en metros cúbicos (m³/h).

Tiempo de operación: Expresado en horas (h).

3.11.2. Consumo Energético por equipo plasma

Para determinar el consumo energético de un maquina eléctrica, es necesario tener los siguientes datos indispensables para realizar el cálculo:

Potencia del dispositivo o equipo eléctrico (en vatios, W o kilovatios, KW) que por lo general ya viene inscrito en el manual o en alguna parte del mismo equipo. Y el tiempo de uso (en horas, h) del equipo. Para calcular el consumo energético haremos uso de la siguiente ecuación 2.

$$\text{Consumo Energético (kWh)} = \text{Potencia (kW)} * \text{Tiempo (h)}$$

Ecuación 3. Cálculo del consumo energético.

Donde:

Consumo energético: Expresado en kilovatio-hora (kWh).

Tiempo en uso de la maquina: Expresado en horas (h).

Capacidad requerida de energía para uso: Expresado en kilovatio (kWh).

3.12. Costos de Operación

Para estimar los costos de operación para realizar los procesos de corte plasma, implica considerar algunos factores determinantes que contribuyen al costo total de operación, para ello se considera los costos de energía, de los gases y consumibles, mano de obra operativa, y tiempo promedio por corte.



3.12.1. Costos de Energía

3.12.1.1. Costos por oxicorte.

Los costos de energía empleando el oxicorte se dan generalmente por el consumo y uso de los gases empleados que en este caso será el oxígeno y el acetileno, además de considerar el valor de del soplete; con lo que respecta al consumo este dependerá de la velocidad de corte, de la presión de los gases y del diámetro de la boquilla.

3.12.1.2. Costos por corte plasma.

Los costos de energía en el corte plasma se dan principalmente por el consumo y potencia de salida de la maquina; con lo que respecta al consumo las cortadoras plasma consumen según el amperaje con el que se esté usando para realizar el corte, una formula básica para calcular el costo de energía se puede observar en la ecuación 3. La potencia de salida por lo general en las cortadoras plasma tienen un rango de potencia de salida medido de kW, la potencia de salida y el tiempo de uso determinan una aproximación del consumo eléctrico.

$$\text{Costo de Energía} = \text{Consumo de energía (kWh)} * \text{Tarifa por kWh}$$

Ecuación 4. Costos de Energía

Donde:

Costo de energía: Expresado en dólares (\$).

Consumo de energía: Expresado en kWh.

Tarifa por kWh: Expresado en dólares (\$).

3.12.2. Costos de gases y consumibles

Dependiendo del material a cortar, se puede utilizar gases, aun así, el más usado en corte plasma es el aire comprimido que no tiene costo alguno si se considera solo el aire sin embargo se pueden usar gases como el oxígeno, argón o nitrógeno que deberán adquirirse y por lo tanto el costo aumentará al proceso de corte.

En el caso de los consumibles, en el corte plasma como también en el oxicorte, se deberá incluir los precios de las boquillas y accesorios; se puede estimar un costo dividiendo el precio del consumible por la cantidad de tiempo o número de cortes que podría durar.



3.12.3. Mano de obra operativa

El tiempo del operador también deberá sumarse al costo de operación, por lo que, si un trabajador trabaja realizando los cortes con el equipo, se deberá considerar el costo por hora laborable o por corte, de ser necesario sumarse. También se paga de acuerdo a la distancia de corte y el espesor de material a cortar.



CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1. Construcción de la estación de corte

En base a los diseños planteados en el capítulo III se procedió al utilizar la estructura de una mesa realizada en tubo estructural cuadrado negro con el siguiente procedimiento: Se preparo el material, colocación de los tubos en la configuración de la mesa planificada, soldado con el método de soldadura por electrodo o SMAW. En la figura 49, se aprecia la estación de corte.

Figura 49. Estación de corte realizada.



4.2. Resultados de Corte con Acero A36.

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero AISI A36, en este caso se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 28, se define los parámetros que cumplieron con mejor grado de perpendicularidad en las probetas ensayadas, por cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 2 mm.

La velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte como se muestra en la tabla 28, la velocidad de corte es mayor con el valor de 0,41 cm/s con la llama oxidante, y con la llama neutra se obtuvo una velocidad de 0,37 cm/s; esta diferencia se presenta debido a la temperatura de cada una de las llamas, siendo la llama oxidante la que presenta mayor temperatura.



En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje como se observa en la tabla 28. El chorro de plasma aumenta su temperatura conforme el amperaje seleccionado en el equipo sea mayor, de ahí también la velocidad de corte deberá aumentar.

Tabla 28. *Resultados generales de corte en acero A36.*

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 2 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O1 (2) – 1	0,42 cm/s	Oxidante	2	P1 (2) – 1	0,60 cm/s	30 A	1 mm
O1 (2) – 2	0,35 cm/s	Neutra	2	P1 (2) – 2	0,69 cm/s	50 A	1 mm
O1 (2) – 3	0,48 cm/s	Oxi-Neu	2	P1 (2) – 3	1,01 cm/s	65 A	1 mm

4.2.1. Calidad de Corte en Acero A36

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y el amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 29 se muestra las características de la calidad de corte en el acero A36.

Tabla 29. *Calidad de corte en acero A36.*

Probeta	Calidad de Corte				
	Bordes (Irregularidades)		Baja	Rebabas Media	Alta
	Menores	Pronunciada			
O1 (2) – 1	6	5			X
O1 (2) – 2	8	5			X
O1 (2) – 3	6	1			X
P1 (2) – 1	1+	0	X		
P1 (2) – 2	1+	0	X		
P1 (2) – 3	1+	0		X	

+ = tramo (distancia mayor continua de espaciamento)

De acuerdo con la tabla 29, se puede notar el comportamiento que se da en las diferentes probetas del material acero A36, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 1, 2 y 3 correspondientes al oxicorte; se puede notar unos bordes pronunciados más repetidos e irregulares como de menor también se ve una variación significativa, lo que en términos superficiales da una pérdida de material en bordes como también una alta rebaba por la exposición a alta temperatura por mayor tiempo. De igual manera, en el anexo 4, 5 y 6



correspondientes al corte plasma; los bordes presentan un acabado más regular y en todas de menor tamaño se da un tramo más fino en el corte demostrando así la calidad de corte dando una notable apreciación en el color, disminuyendo el desgaste de material y teniendo un ancho de corte menor, lo que a su vez favorece a la disminución de la rebaba la cual puede ser incrementarse de acuerdo con el amperaje seleccionado.

4.2.2. Desgaste de Material en Acero A36

En la tabla 30 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.

Tabla 30. Desgaste de material A36

Probeta	Área Inicial [cm ²]	Área Final [cm ²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O1 (2) – 1	175	174,31	0,39 %	254	252	0,79%
O2 (2) – 2	175	173,83	0,67%	259	257	0,62%
O2 (2) – 3	175	174,35	0,37 %	255	254	0,31%
P1 (2) – 1	175	174,31	0,40%	258	255	1,01%
P2 (2) – 2	175	174,30	0,40%	261	259	0,92%
P2 (2) – 3	175	174,43	0,33%	254	251	1,27%

De acuerdo con tabla 30, por ejemplo, el área total de la probeta P1 (2)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 174,43 cm² y se nota una pérdida de material de 0,57 cm² de pérdida de área del material lo que representa al 0,33% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicorte O1 (2) – 1 con una área final de 174,31 cm² que representa un 0,39% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 252 gramos que representa una pérdida de 0,79% de pérdida de 254 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P1(2) - 1 con un área final de 174,31 cm² que representa un 0,40% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto



al peso de 255 gramos que representa una pérdida de 1,01% de pérdida de 258 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor perdida que en dimensiones de material.

4.3. Resultados de Corte con Acero Inoxidable

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero inoxidable, se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 31, se muestran las especificaciones que, para cada probeta examinada, se atenían al nivel más alto de perpendicularidad, de cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 4 mm.

La velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte como se muestra en la tabla 31, la velocidad de corte con llama neutra se presenta con el valor de 0,0535 cm/s, y con la llama oxidante se obtuvo una velocidad de 0,0479 cm/s; en este caso debido al tipo de material utilizando la llama neutra la velocidad aumento mientras que con la llama oxidante es menor es decir toma más tiempo en cortar este tipo de material.

Tabla 31. *Resultados generales de corte en acero inoxidable.*

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 4 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O2 (4) – 1	0,03 cm/s	Oxidante	2	P2 (4) – 1	0,33 cm/s	30 A	1 mm
O2 (4) – 2	0,06 cm/s	Neutra	2	P2 (4) – 2	0,57 cm/s	50 A	1 mm
O2 (4) – 3	0,06 cm/s	Oxi-Neu	2	P2 (4) – 3	0,73 cm/s	65 A	1 mm

En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje como se observa en la 31. El chorro de plasma aumenta su temperatura conforme el amperaje seleccionado en el quipo sea mayor, demostrando que el amperaje influye directamente en la velocidad de corte, a diferencia de la técnica del oxicorte las velocidades con corte plasma tienden a elevarse significativamente.



4.3.1. Calidad de Corte en Acero Inoxidable

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y el amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 32 se muestra las características de la calidad de corte tomando en cuenta los bordes y la presencia de la rebaba en las probetas de acero inoxidable.

Tabla 32. *Calidad de corte en acero inoxidable.*

Probeta	Calidad de Corte			
	Bordes (Irregularidades)			
	Menores	Pronunciada	Baja	Rebabas Media Alta
O2 (4) – 1	13	1		X
O2 (4) – 2	0	1	X	
O2 (4) – 3	1	2	X	
P2 (4) – 1	0	1+		X
P2 (4) – 2	1+	0	X	
P2 (4) – 3	0	1+		X

Nota: += tramo (distancia mayor continua de espaciamiento)

De acuerdo con la tabla 32, se puede notar la forma del comportamiento del material acero inoxidable, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 7, 8 y 9 correspondientes al oxicorte; los bordes pronunciados se dan con mínima veces a comparación con los bordes menores, lo que da como resultado rebabas bajas a excepción de la primera probeta como también la mayor pérdida de material en las zonas de sobreexposición. De igual manera, en el anexo 10,11 y 12 correspondientes al corte plasma; los bordes presentan un acabado más regular con tramos más uniformes y en todas de menor tamaño en el corte demostrando así la calidad de corte dando una notable apreciación en el color, disminuyendo el desgaste de material y teniendo un ancho de corte menor, lo que a su vez favorece a la disminución de la rebaba la cual puede ser incrementarse de acuerdo al amperaje como también a las condiciones de tiempo de corte como exposición de temperatura.

4.3.2. Desgaste de Material en Acero Inoxidable

En la tabla 33 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.



Tabla 33. *Desgaste de material inoxidable.*

Probeta	Área Inicial [cm ²]	Área Final [cm ²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O2 (4) – 1	175	174,01	0,57 %	525	495	5,96%
O2 (4) – 2	175	174,83	0,10%	521	521	0%
O2 (4) – 3	175	174,69	0,18 %	524	523	0,19%
P2 (4) – 1	175	173,94	0,61%	520	513	1,39%
P2 (4) – 2	175	174,41	0,34%	532	514	3,44%
P2 (4) – 3	175	173,99	0,58%	529	518	2,10%

De acuerdo con tabla 33, por ejemplo, el área total de la probeta P2 (4)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 173,99 cm² y se nota una pérdida de material de 1,01 cm² de pérdida de área del material lo que representa al 0,58% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida mayor de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicorte O2 (4) – 1 con una área final de 174,01 cm² que representa un 0,57% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 495 gramos que representa una pérdida de 5,96% de pérdida de 525 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P2(4) – 1 con un área final de 173,94 cm² que representa un 0,61% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 513 gramos que representa una pérdida de 1,39% de pérdida de 520 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material.

4.4. Resultados de Corte con Acero Estructural Tipo G

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero inoxidable, se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 34, se muestran las especificaciones que, para cada probeta examinada, se atenían al nivel más alto de perpendicularidad, de cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la



calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 2 mm.

La velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte como se muestra en la tabla 34, la velocidad de corte se presenta con el valor de 0,38 cm/s con la llama oxidante, y con la llama neutra se obtuvo una velocidad de 0,36 cm/s; en este caso debido al tipo de material utilizando la llama neutra la velocidad aumento mientras que con la llama oxidante es menor es decir toma más tiempo en cortar este tipo de material.

Tabla 34. *Resultados generales de corte en acero inoxidable.*

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 2 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O3 (2) – 1	0,37 cm/s	Oxidante	2	P3 (2) – 1	0,59 cm/s	30 A	1 mm
O3 (2) – 2	0,25 cm/s	Neutra	2	P3 (2) – 2	0,71 cm/s	50 A	1 mm
O3 (2) – 3	0,42 cm/s	Oxi-Neu	2	P3 (2) – 3	1,09 cm/s	65 A	1 mm

En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje como se observa en la tabla 34. El chorro de plasma aumenta su temperatura conforme el amperaje seleccionado en el quipo sea mayor, demostrando que el amperaje influye directamente en la velocidad de corte, a diferencia de la técnica del oxicorte las velocidades con corte plasma tienden a elevarse significativamente.

4.4.1. Calidad de Corte en Acero Estructural Tipo G

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y la variación del amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 35 se muestra las características de la calidad de corte tomando en cuenta los bordes y la presencia de la rebaba en las probetas de acero inoxidable.

Tabla 35. *Calidad de corte en acero estructural tipo G.*

Calidad de Corte					
Probeta	Bordes (Irregularidades)			Rebabas	
	Menores	Pronunciada	Baja	Media	Alta
O3 (2) – 1	2	3	X		
O3 (2) – 2	8	5	X		
O3 (2) – 3	11	3	X		
P3 (2) – 1	1+	1+	X		
P3 (2) – 2	1+	0	X		
P3 (2) – 3	1+	0		X	

Nota: += tramo (distancia mayor continua de espaciamiento)



De acuerdo con la tabla 35, se puede notar el comportamiento que se da en las diferentes probetas del material acero estructural tipo G, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 13,14 y 15 correspondientes al oxicrote; en los bordes se presentan unos bordes pronunciados con variación de igual forma con los bordes menores son más irregulares, aunque es bueno recalcar que su proceso de corte como tiempo fueron mejor ejecutados por el tiempo y cantidad de calor expuestos por eso su rebaba es más baja. De igual manera, en el anexo 16, 17 y 18 correspondientes al corte plasma; los bordes presentan un acabado más regular en todos los tramos presentes y en todas de menor tamaño en el corte demostrando así la calidad de corte dando una notable apreciación en el color, disminuyendo el desgaste de material y teniendo un ancho de corte menor, lo que a su vez favorece a la disminución de la rebaba la cual puede ser incrementarse de acuerdo al amperaje seleccionado.

4.4.2. Desgaste de Material en Acero Estructural Tipo G

En la tabla 36 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.

Tabla 36. *Desgaste de material acero estructural tipo G.*

Probeta	Área Inicial [cm²]	Área Final [cm²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O3 (2) – 1	175	174,20	0,46 %	238	236	0,84%
O3 (2) – 2	175	174,29	0,41%	234	232	0,60%
O3 (2) – 3	175	174,18	0,47 %	385	384	0,46%
P3 (2) – 1	175	174,52	0,27%	238	237	0,51%
P3 (2) – 2	175	174,57	0,24%	242	240	0,83%
P3 (2) – 3	175	174,34	0,38%	391	387	1,03%

De acuerdo con tabla 36, por ejemplo, el área total de la probeta P3 (2)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 174,34 cm² y se nota una pérdida de material de 0,66 cm² de pérdida de área del material lo que representa al 0,38% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida mayor de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicrote O3 (2) – 1 con una área final de 174,20



cm² que representa un 0,46% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 236 gramos que representa una pérdida de 0,84% de pérdida de 238 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P3(2) - 1 con un área final de 174,52 cm² que representa un 0,27% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 237 gramos que representa una pérdida de 0,51% de pérdida de 238 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material.

4.5. Resultados de Corte con Aluminio

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero inoxidable, se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 37, se muestran las especificaciones que, para cada probeta examinada, se atenían al nivel más alto de perpendicularidad, de cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 3,26 mm.

Tabla 37. *Resultados generales de corte en aluminio.*

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 3,26 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O4(3,26) – 1	0,14 cm/s	Oxidante	2	P4(3,26)– 1	0,64 cm/s	30 A	1 mm
O4(3,26) – 2	0,17 cm/s	Neutra	2	P4(3,26)– 2	0,99 cm/s	50 A	1 mm
O4(3,26) – 3	0,15 cm/s	Oxi-Neu	2	P4(3,26)– 3	1,56 cm/s	65 A	1 mm

La velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte como se muestra en la tabla 37, la velocidad de corte con el valor de 0,18 cm/s con la llama oxidante, y con la llama neutra se obtuvo una velocidad de 0,12 cm/s; en este caso debido al tipo de material utilizando la llama neutra la velocidad aumento mientras que con la llama oxidante es menor es decir toma más tiempo en cortar este tipo de material.

En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje como se observa en la tabla 37. El chorro de plasma aumenta su temperatura



conforme el amperaje seleccionado en el quipo sea mayor, demostrando que el amperaje influye directamente en la velocidad de corte, a diferencia de la técnica del oxicorte las velocidades con corte plasma tienden a elevarse significativamente.

4.5.1. Calidad de Corte en Aluminio

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y la variación del amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 38 se muestra las características de la calidad de corte tomando en cuenta los bordes y la presencia de la rebaba en las probetas de acero inoxidable.

Tabla 38. *Calidad de corte en aluminio.*

Probeta	Calidad de Corte			
	Bordes (Irregularidades)			
	Menores	Pronunciada	Baja	Rebabas Media Alta
O4 (3,26) – 1	0	1+		X
O4 (3,26) – 2	1+	4		X
O4 (3,26) – 3	0	2+		X
P4 (3,26) – 1	1+	0		X
P4 (3,26) – 2	1+	0		X
P4 (3,26) – 3	1+	0		X

Nota: += tramo (distancia mayor continua de espaciamiento)

De acuerdo con la tabla 38, se puede notar el comportamiento que se da en las diferentes probetas del material aluminio, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 19, 20 y 21 correspondientes al oxicorte; los bordes presentes se puede notar un comportamiento pronunciado variable como también menor variable que al verlo de forma superficial da un acabado más irregular, eso también se puede notar una mayor cantidad de rebabas alta por el tiempo de exposición como la temperatura que se dio al material para el corte. De igual manera, en el anexo 22, 23 y 24 correspondientes al corte plasma; los bordes presentan un acabado más regular y en todas de menor tamaño con tramos uniformes en el corte demostrando así la calidad de corte dando una notable apreciación en el color, disminuyendo el desgaste de material y teniendo un ancho de corte menor, lo que a su vez favorece a la disminución de la rebaba media la cual puede ser incrementarse de acuerdo con el amperaje seleccionado.



4.5.2. Desgaste de Material en Aluminio

En la tabla 39 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.

Tabla 39. *Desgaste de material aluminio.*

Probeta	Área Inicial [cm ²]	Área Final [cm ²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O4 (3,26) – 1	175	173,30	0,98 %	142	136	4,03%
O4 (3,26) – 2	175	173,95	0,60%	141	136	3,75%
O4 (3,26) – 3	175	173,41	0,91 %	157	152	2,98%
P4 (3,26) – 1	175	174,57	0,25%	149	146	1,90%
P4 (3,26) – 2	175	174,19	0,47%	140	139	1%
P4 (3,26) – 3	175	174,28	0,41%	144	141	1,83%

De acuerdo con tabla 39, por ejemplo, el área total de la probeta P4 (3,26)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 174,28 cm² y se nota una pérdida de material de 0,72 cm² de pérdida de área del material lo que representa al 0,41% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida mayor de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicorte O4 (3,26) – 1 con una área final de 173,30 cm² que representa un 0,98% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 136 gramos que representa una pérdida de 4,03% de pérdida de 142 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P4(3,26) – 1 con un área final de 174,57 cm² que representa un 0,25% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 146 gramos que representa una pérdida de 1,90% de pérdida de 149 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material.

4.6. Resultados de Corte con T1A Anti Abrasivo

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero inoxidable, se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se



considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 40, se muestran las especificaciones que, para cada probeta examinada, se atenían al nivel más alto de perpendicularidad, de cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 8,2 mm.

Tabla 40. Resultados generales de corte en T1A Anti Abrasivo.

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 8,2 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O5 (8,2) – 1	0,05 cm/s	Oxidante	2	P5 (8,2)– 1	0,56 cm/s	30 A	1 mm
O5 (8,2) – 2	0,04 cm/s	Neutra	2	P5 (8,2)– 2	0,67 cm/s	50 A	1 mm
O5 (8,2) – 3	0,03 cm/s	Oxi-Neu	2	P5 (8,2)– 3	0,78 cm/s	65 A	1 mm

De acuerdo con la tabla 40, la velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte, la velocidad de corte con llama oxidante se presenta con el valor de 0,37 cm/s, y con la llama neutra se obtuvo una velocidad de 0,36 cm/s; en este caso debido al tipo de material utilizando la llama oxidante la velocidad aumento mientras que con la llama neutra es menor es decir toma más tiempo en cortar este tipo de material. En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje. El chorro de plasma aumenta su temperatura conforme el amperaje seleccionado en el quipo sea mayor, demostrando que el amperaje influye directamente en la velocidad de corte, a diferencia de la técnica del oxicorte las velocidades con corte plasma tienden a elevarse significativamente.

4.6.1. Calidad de Corte en T1A Anti Abrasivo

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y la variación del amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 41 se muestra las características de la calidad de corte tomando en cuenta los bordes y la presencia de la rebaba en las probetas de acero inoxidable.



Tabla 41. *Calidad de corte en T1A Anti Abrasivo.*

Probeta	Calidad de Corte				
	Bordes (Irregularidades)			Rebabas	
	Menores	Pronunciada	Baja	Media	Alta
O5 (8,2) – 1	0	1+			X
O5 (8,2) – 2	0	2+			X
O5 (8,2) – 3	4	1+			X
P5 (8,2) – 1	0	0	MNC	MNC	MNC
P5 (8,2) – 2	0	0	MNC	MNC	MNC
P5 (8,2) – 3	0	0	MNC	MNC	MNC

Nota: + = tramo (distancia mayor continua de espaciamento), MNC= material no cortado.

De acuerdo con la tabla 41, se puede notar el comportamiento que se da en las diferentes probetas del material T1A Anti Abrasivo, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 25, 26 y 27 correspondientes al oxicorte; se presentan en los bordes un comportamiento de los bordes de tramos pronunciados como también los bordes de menor se nota menor aparición en estas probetas, lo que por la temperatura y tiempo de exposición a estas se da unas altas rebabas. De igual manera, en el anexo 28, 29 y 30 correspondientes al corte plasma; los bordes no presentan ningún acabado y las rebabas no se muestran porque el material por sus propiedades mecánicas se opuso a ser cortado.

4.6.2. Desgaste de Material en Aluminio

En la tabla 42 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.

Tabla 42. *Desgaste de material aluminio.*

Probeta	Área Inicial [cm ²]	Área Final [cm ²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O5 (8,2) – 1	175	173,95	0,60 %	1196	1152	3,76%
O5 (8,2) – 2	175	174,01	0,57%	1134	1111	2,01%
O5 (8,2) – 3	175	174,24	0,43 %	1565	1477	5,76%
P5 (8,2) – 1	175	173,60	0,80%	1130	1127	0,28%
P5 (8,2) – 2	175	174,04	0,55%	1177	1171	0,51%
P5 (8,2) – 3	175	174,25	0,43%	1719	1719	0%

De acuerdo con tabla 42, por ejemplo, el área total de la probeta P5 (8,2)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 174,25 cm² y se



nota una pérdida de material de $0,75 \text{ cm}^2$ de pérdida de área del material lo que representa al 0,43% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida mayor de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicorte O5 (8,2) – 1 con una área final de $173,95 \text{ cm}^2$ que representa un 0,60% de pérdida de 175 cm^2 de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 1152 gramos que representa una pérdida de 3,76% de pérdida de 1196 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P5(8,2) – 1 con un área final de $173,60 \text{ cm}^2$ que representa un 0,80% de pérdida de 175 cm^2 de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 1127 gramos que representa una pérdida de 0,28% de pérdida de 1130 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material.

4.7. Resultados de Corte con Cobre

Los resultados a indicar a continuación demuestran la calidad del proceso de corte en las probetas realizadas con el acero inoxidable, se empleó los dos tipos de corte; oxicorte y plasma, y se considera la calidad de corte, desgaste y peso final de la probeta. En la tabla 43, se muestran las especificaciones que, para cada probeta examinada, se atenían al nivel más alto de perpendicularidad, de cada técnica de corte se seleccionó tres probetas a fin de determinar la calidad de corte en este tipo de material, cuyos valores corresponde a las probetas con el espesor de 8,2 mm.

Tabla 43. *Resultados generales de corte en cobre.*

OXICORTE				CORTE POR PLASMA			
ESPESOR: 0,66 mm							
PROBETA	Velocidad de corte	Tipo de llama	Núm. de Boquilla	PROBETA	Velocidad de corte	Amperaje	Diámetro Boquilla
O6(0,66) – 1	0,24 cm/s	Oxidante	2	P5(0,66)– 1	2,38 cm/s	30 A	1 mm
O6(0,66) – 2	0,16 cm/s	Neutra	2	P5(0,66)– 2	4,49 cm/s	50 A	1 mm
O6(0,66) – 3	0,33 cm/s	Oxi-Neu	2	P5(0,66)– 3	7,86 cm/s	65 A	1 mm



Con respecto a la tabla 43, la velocidad de corte en el caso del uso del oxicorte, la velocidad de corte con llama oxidante se presenta con el valor de 0,26 cm/s, y con la llama neutra se obtuvo una velocidad de 0,19 cm/s; en este caso debido al tipo de material utilizando la llama oxidante la velocidad aumento mientras que con la llama neutra es menor es decir toma más tiempo en cortar este tipo de material. En el caso del corte plasma, la velocidad de corte tiende a aumentar conforme se aumente el valor del amperaje. El chorro de plasma aumenta su temperatura conforme el amperaje seleccionado en el quipo sea mayor, demostrando que el amperaje influye directamente en la velocidad de corte, a diferencia de la técnica del oxicorte las velocidades con corte plasma tienden a elevarse significativamente.

4.7.1. Calidad de Corte en Cobre

La calidad de corte depende de las variables tanto de la velocidad de corte como de la temperatura en el caso del oxicorte y la variación del amperaje en el caso del corte por plasma, en la tabla 44 se muestra las características de la calidad de corte tomando en cuenta los bordes y la presencia de la rebaba en las probetas de acero inoxidable.

Tabla 44. *Calidad de corte en cobre.*

Probeta	Calidad de Corte				
	Bordes (Irregularidades)		Baja	Rebabas Media	Alta
	Menores	Pronunciada			
O6 (0,66) – 1	2	1+		X	
O6 (0,66) – 2	8	1+		X	
O6 (0,66) – 3	0	2+		X	
P6 (0,66) – 1	1+	0	X		
P6 (0,66) – 2	1+	0	X		
P6 (0,66) – 3	1+	0	X		

Nota: + = tramo (distancia mayor continua de espaciamiento)

De acuerdo con la tabla 44, se puede notar el comportamiento que se da en las diferentes probetas del material cobre, que al momento de proceso de corte dan diferentes resultados de bordes como rebabas de acuerdo con las condiciones de calor y tiempo de exposición. Como se muestra en el anexo 31, 32 y 33 correspondientes al oxicorte; se nota en los presentes bordes variables pronunciados como también menores que a su vez al estar expuesto a temperatura u tiempo prolongado dio rebabas medias. De igual manera, en el anexo 34, 35 y 36 correspondientes al corte plasma; los bordes presentan un acabado más regular y en todas de tramos menor tamaño en el corte demostrando así la calidad de corte dando una notable apreciación en el color, disminuyendo el desgaste de material y teniendo un ancho de corte menor, lo que a su vez favorece a la



disminución de la baja rebaba la cual puede ser incrementarse de acuerdo al amperaje seleccionado.

4.7.2. Desgaste de Material en Cobre

En la tabla 45 se presenta los valores obtenidos del área inicial y final, así como también el peso inicial y final de cada probeta, con estos valores se puede determinar el desgaste del material con cada técnica de corte usada.

Tabla 45. Desgaste de material cobre.

Probeta	Área Inicial [cm ²]	Área Final [cm ²]	Diferencia [%]	Peso Inicial [gr]	Peso final [gr]	Diferencia [%]
O6 (0,66) – 1	175	174,38	0,36 %	80	78	2,53%
O6 (0,66) – 2	175	174,44	0,32%	73	72	1,38%
O6 (0,66) – 3	175	174,21	0,45 %	77	76	1,31%
P6 (0,66) – 1	175	174,65	0,20%	76	76	0%
P6 (0,66) – 2	175	174,76	0,14%	69	68	1,17%
P6 (0,66) – 3	175	174,89	0,06%	76	75	1,32%

De acuerdo con tabla 45, por ejemplo, el área total de la probeta P6 (0,66)-3 es de 175 cm² tomando en cuenta el desgaste promedio de cinco zonas seleccionadas tenemos un área de 174,89 cm² y se nota una pérdida de material de 0,11 cm² de pérdida de área del material lo que representa al 0,06% de pérdida de material en el proceso de corte.

Se puede notar que hay una notable pérdida mayor de peso porcentual con respecto al área de la probeta por lo que podemos determinar que en dimensiones es menor pérdida que en peso de probeta resultante, por ejemplo en la probeta de oxicorte O6 (0,66) – 1 con una área final de 174,38 cm² que representa un 0,36% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 78 gramos que representa una pérdida de 2,53% de pérdida de 80 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material. Esto se produce porque se generan residuos o deformación de material por temperatura en la zona de corte. Se puede notar también por ejemplo en la probeta de plasma P6(0,66) – 1 con un área final de 174,65 cm² que representa un 0,20% de pérdida de 175 cm² de pérdida de probeta, mientras que con respecto al peso de 76 gramos que representa una pérdida de 0,00% de pérdida de 76 gramos, se puede notar claramente que en peso es mayor pérdida que en dimensiones de material.



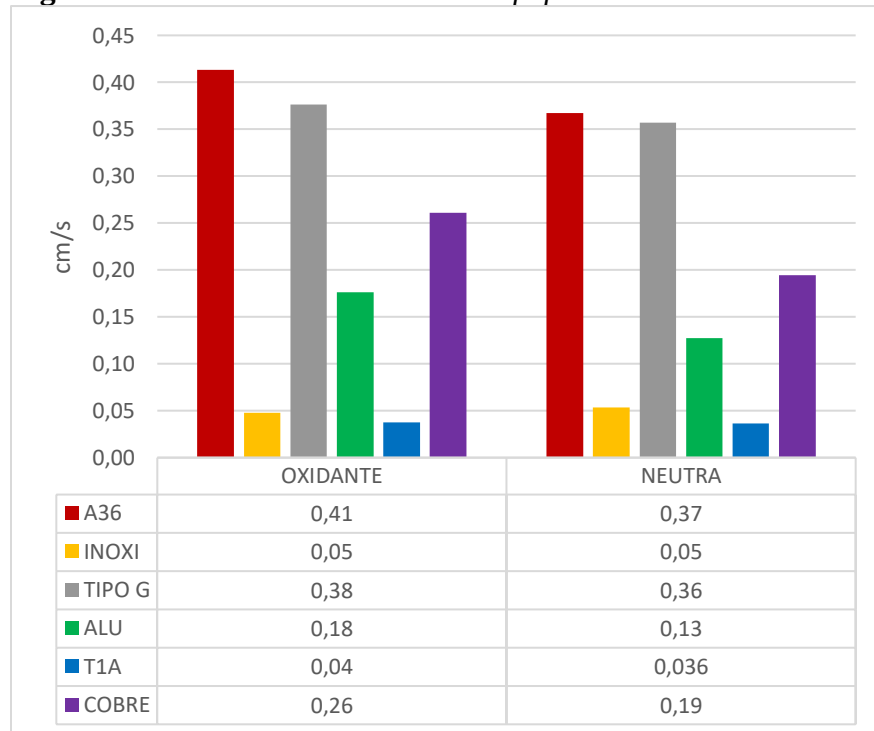
4.8. Comparación de cortes

De acuerdo con los anteriores resultados, se ha recopilado datos especialmente el tiempo de corte en cada probeta, cuyos datos sirven para determinar la velocidad de corte usando los dos métodos cortantes; oxicorte y plasma. Además, se compara y determina la calidad de corte según el tamaño de altura de las rebabas, los resultados se presentan a continuación.

4.8.1. Velocidad de corte con equipo de oxicorte

En este caso, se presentó tres probetas en las cuales se emplearon los dos tipos de llamas; oxidante y neutra, para realizar los cortes. En la figura 50 se pueden observar el promedio de las velocidades con cada tipo de material y de la llama, donde se puede esclarecer que utilizando la llama oxidante las velocidades de corte aumentan en comparación con la llama neutra, esto se debe a que la llama oxidante se caracteriza por alcanzar mayor temperatura por lo tanto representa que la velocidad de corte siempre deberá ser mayor que la de la llama neutra. Por ejemplo, en el material correspondiente a las probetas AISI A36 se determinó una velocidad de corte de 0,41 cm/s utilizando la llama oxidante, mientras que en la llama neutra se calculó la velocidad de corte de 0,37 cm/s es decir el corte deberá ser más lento.

Figura 50. Velocidades de corte con equipo de oxicorte.

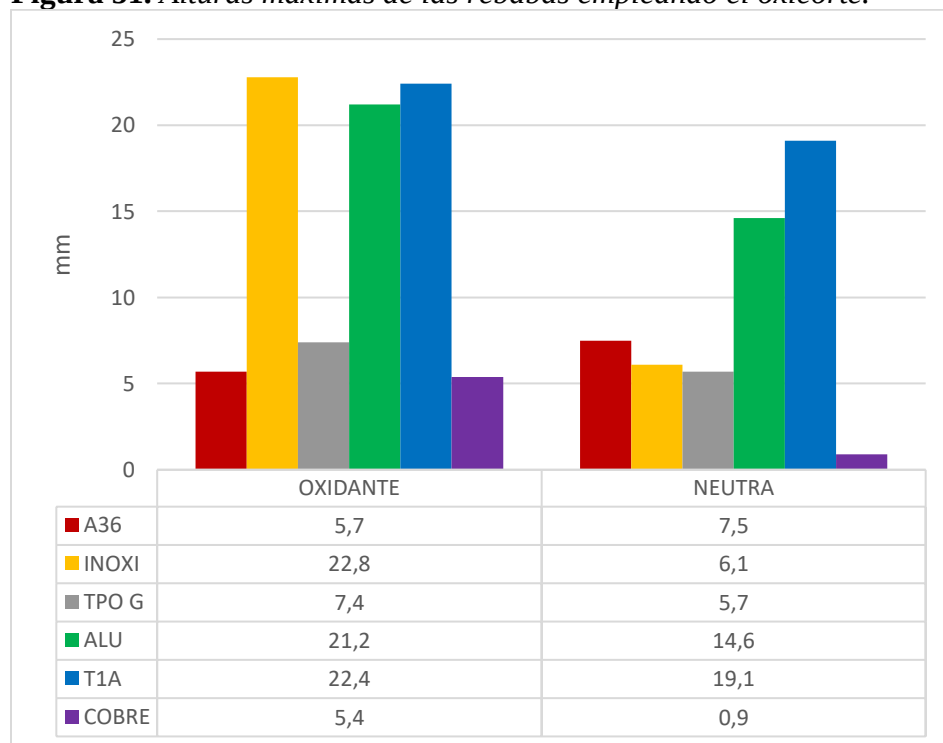




4.8.2. Rebabas producto del corte con equipo de oxicorte

Las rebabas y su tamaño difieren del tipo de llama debido a las temperaturas que se emplea, así mismo también depende de las características mecánicas del material y de la habilidad del operador. En la figura 51 y 52 se presentan el tamaño máximo y mínimo respectivamente según el tipo de material y de la llama.

Figura 51. Alturas máximas de las rebabas empleando el oxicorte.

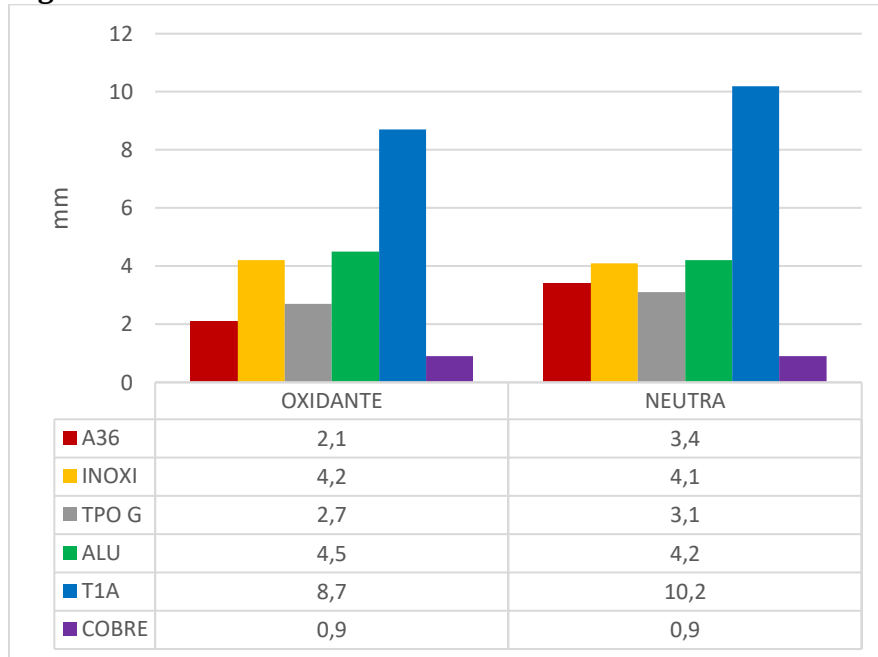


De acuerdo con la figura 51 los tamaños de las rebabas presentan una diferencia considerable de acuerdo al tipo de material, a su vez como se mencionó en la velocidad de corte, la llama oxidante presenta mayor temperatura y esto se puede evidenciar en el tamaño de las rebabas; por ejemplo, en las probetas de acero inoxidable se presentan un tamaño máximo de rebabas de 22,8 mm con llama oxidante, a diferencia de la llama neutra se presenta una altura de 6,1 mm. También el tamaño de las rebabas depende del espesor del material, en el caso de las probetas de cobre, al ser de un espesor de 0,66 mm las rebabas se presentan en el inicio de la probeta. En la figura 52 se presentan las alturas mínimas que se presentó en cada corte según el material, donde se puede constatar que empleando la llama oxidante se obtuvo un menor tamaño de rebabas en comparación con la llama neutra. De acuerdo con las figuras 51 y 52, se puede especificar que empleando la llama oxidante producirá mayor cantidad de rebabas, lo que implicaría mayor gasto del material al momento de realizar una limpieza o pulido de estas rebabas, así mismo la velocidad de corte



influye y creación de estas rebabas, una velocidad lenta provoca tener la antorcha más tiempo en la misma zona lo que genera la fundición del material y produciendo lo que se conocería ya como un desecho o desperdicio de material.

Figura 52. *Altura mínima de las rebabas con oxicorte.*

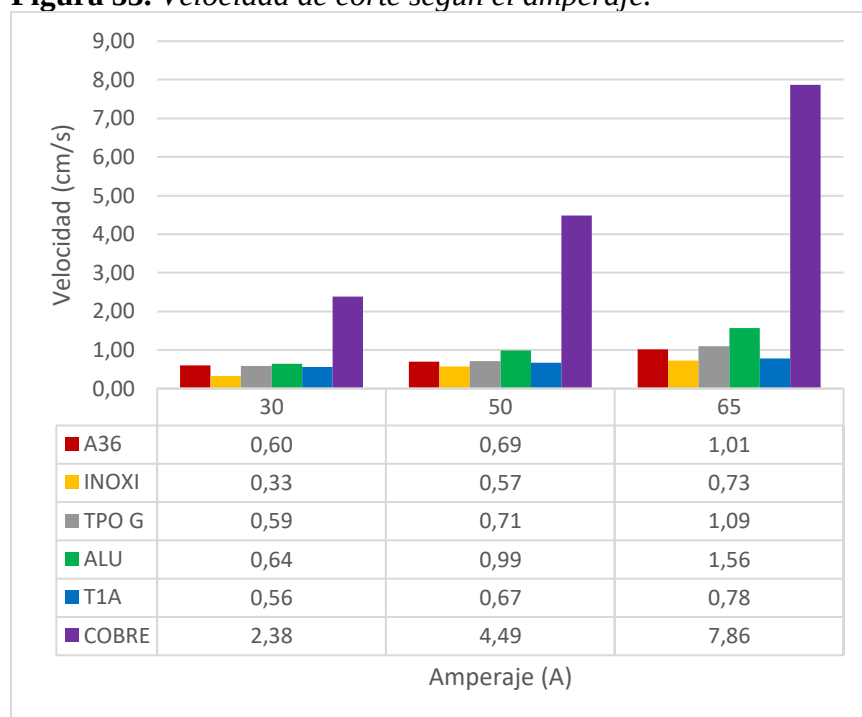


4.8.3. Velocidades con Corte con Equipo Plasma Según del Amperaje

En este caso, se presentó tres probetas en las cuales se varió el amperaje para realizar los cortes. En la figura 53 se pueden observar el promedio de las velocidades con cada tipo de material y del amperaje configurado, donde se puede especificar que las velocidades de corte deberán aumentar conforme se aumente o configure un mayor amperaje en el equipo de corte por plasma, esto se debe a que a mayor amperaje el arco plasma de corte tendrá mayor ionización del gas circundante (Aire Comprimido), a su vez se caracteriza por alcanzar mayor temperatura conforme un mayor amperaje por lo tanto representa que la velocidad de corte siempre deberá aumentar conforme se aumente el amperaje. Por ejemplo, en el material correspondiente a las probetas AISI A36 se determinó una velocidad de corte de 0,60 cm/s utilizando 30A, 0,69 cm/s a 50A y 1,01 cm/s utilizando 65A. Si revisamos un material de menor espesor como es del cobre ($e = 0,66$ mm) por ser un material más delgado las velocidades de corte igual tendrán que aumentar siendo de 2,38 cm/s a 30A, 4,49 cm/s a 50A y 7,86 cm/s a 65A. Esto demuestra que entre mayor sea el amperaje configurado, la velocidad de corte aumentará.



Figura 53. *Velocidad de corte según el amperaje.*

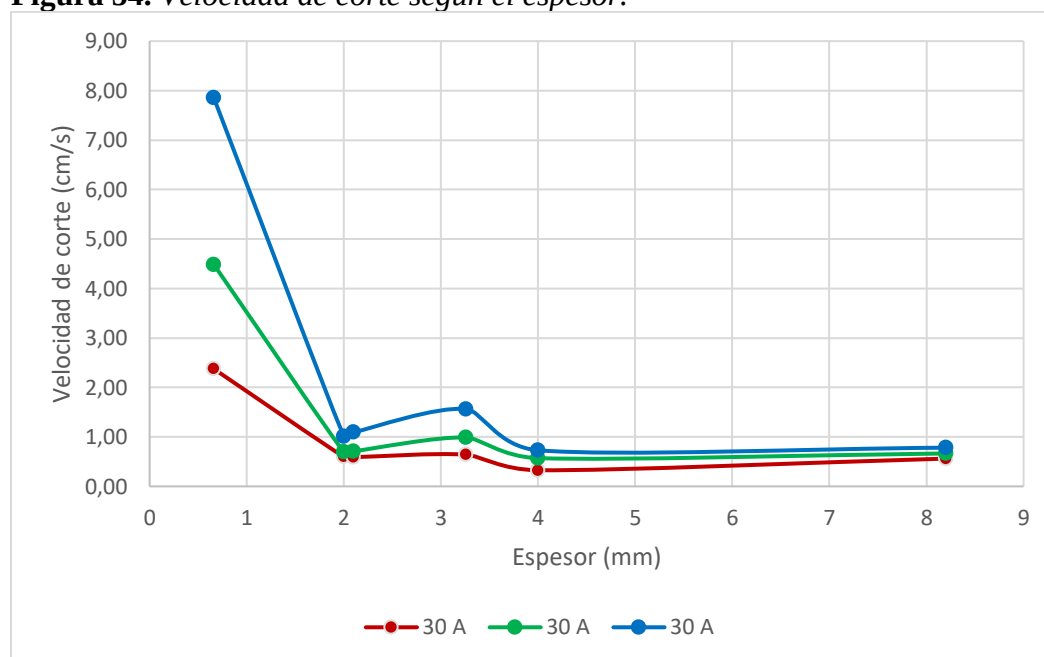


4.8.4. Velocidades con Corte con Equipo Plasma Según del Espesor del Material

En la figura 54 se pueden observar las velocidades con cada tipo de material y su espesor de acuerdo con el amperaje configurado, donde se puede constatar que las velocidades de corte deberán aumentar conforme el espesor del material sea menor y a su vez se aumente el amperaje. Por ejemplo, en el material correspondiente a las probetas de COBRE se determinó una velocidad de corte de 2,38 cm/s utilizando 30A, 4,49 cm/s a 50A y 7,86 cm/s utilizando 65A considerando el espesor de 0,66 mm lo que se demuestra que al subir el amperaje las velocidades de corte tienen a aumentar conforme el espesor sea menor. Si revisamos un material de mayor espesor como es del T1A ($e = 8,2$ mm) por ser un material de mayor espesor las velocidades de corte igual tienden a aumentar con respecto al amperaje, pero si se considera el espesor las velocidades de avance tienden a disminuir en comparación con los otros materiales utilizados, en este caso se tienen velocidades de 0,56 cm/s a 30A, 0,67 cm/s a 50A y 0,78 cm/s a 65A. Esto demuestra que entre menor sea el espesor del material, la velocidad de corte aumentara y si el material es de un mayor espesor, la velocidad de corte deberá disminuir.



Figura 54. *Velocidad de corte según el espesor.*

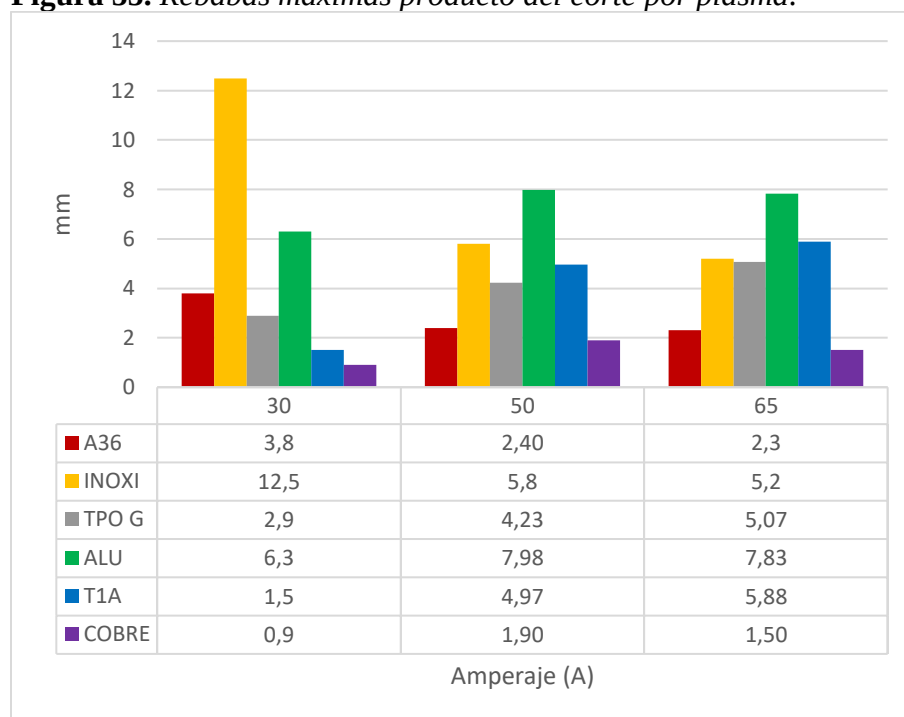


4.8.5. Rebabas Producto del Corte con Equipo de Corte Plasma.

Las rebabas y su tamaño difieren de la temperatura del arco plasma, el cual difiere mucho del amperaje configurado en el equipo de corte plasma, así mismo también depende de las características mecánicas del material y de la habilidad del operador. En la figura 55 se presentan el tamaño máximo según el tipo de material y del amperaje seleccionado donde los tamaños de las rebabas presentan una diferencia considerable de acuerdo al tipo de material, a su vez como se mencionó en la velocidad de corte, la temperatura del arco plasma depende directamente del amperaje configurado influyendo directamente en el tamaño de las rebabas; por ejemplo, en las probetas de acero inoxidable se presentan un caso particular donde se presenta un tamaño máximo de rebabas de 12,5 mm el cual al ser un material muy resistente el emplear un menor amperaje provocara que el corte no sea tan limpio y genera mayores rebabas, a diferencia del acero A36 presenta rebabas máximas de hasta 3,8 mm de altura. De igual manera, el tamaño de las rebabas depende del espesor del material, en el caso de las probetas de cobre, al ser de un espesor de 0,66 mm las rebabas se presentan en el inicio de la probeta por ser la zona en el que se presenta el primer contacto entre material y la boquilla.



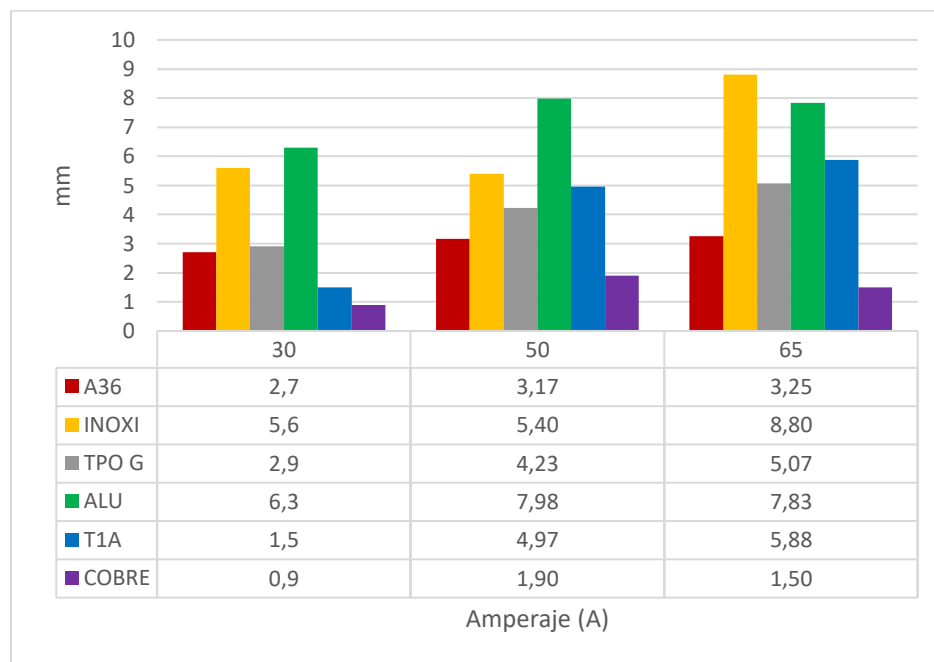
Figura 55. *Rebabas máximas producto del corte por plasma.*



En la figura 56 se presentan las alturas mínimas que se presentó en cada corte según el material, donde se puede constatar que empleando 30A se obtuvo un menor tamaño de rebabas en comparación con 50A y 65A, esto se debe a que al tener un menor amperaje y dependiendo del espesor del material se va a generar más rebabas por tener que mantener la boquilla mayor tiempo en el material, es decir influye directamente la velocidad de corte. De acuerdo con las figuras 72 y 73, se puede especificar que empleando un amperaje entre 50A y 65A se producirá una cantidad racional de rebabas, así mismo la velocidad de corte influye en creación de estas rebabas, una velocidad lenta provoca tener más tiempo el contacto de la boquilla en el material en la misma zona lo que genera la fundición del material y provocaría daños en los componentes de la boquilla lo que implica a tener problemas de corte o llegar a presentarse mayores defectos de cortes como mayor ancho de corte, fisuras y socavamientos.



Figura 56. Rebabas máximas producto del corte por plasma.



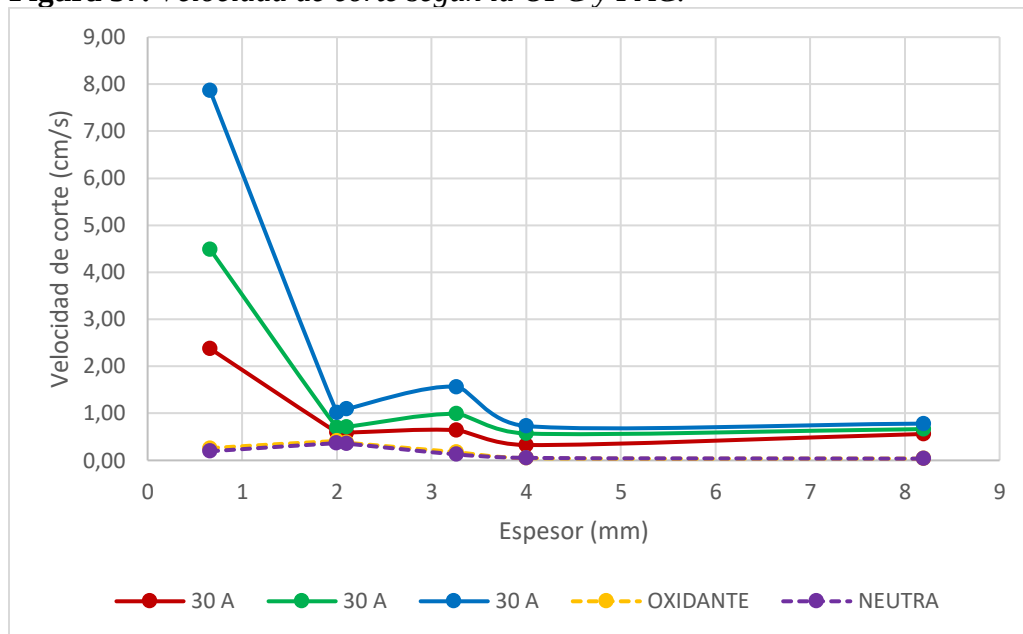
4.8.6. Comparación de Velocidad de Avance Según la Proceso de Corte

De acuerdo con la figura 57, se observa que empleando el proceso de corte plasma (PAC) las velocidades son relativamente superiores, cabe mencionar y como se ha manifestado anteriormente la velocidad depende del amperaje y espesor del material, aun así los mejores resultados se vieron reflejados en el corte plasma para grosores de 1 a 8,2 mm, sin embargo para el equipo utilizado en estos ensayos solo se recomienda cortar materiales de hasta 6 mm, para materiales de mayor espesor es necesario emplear equipos de mayor capacidad de amperaje. Sin embargo, para el proceso de oxicorte el espesor no es un impedimento ya que se puede cortar materiales de hasta 25 mm.

Para aprovechar de mejor manera la eficiencia del equipo plasma, es recomendable configurar los amperajes entre el rango de 45 a 50 amperios, como se puede observar en la figura 57 las velocidades de corte son aceptables. Un periodo de trabajo excesivo más un amperaje alto, haría que el equipo comience a entrar en una etapa de deterioro perdiendo la eficiencia del mismo equipo.



Figura 57. Velocidad de corte según la OFC y PAC.



4.9. Consumos

4.9.1. Consumo de gases con oxicorte.

Como se explicó en la parte metodológica, previo al cálculo del consumo de gases es necesario determinar el tiempo de operación en base a la distancia de corte y la velocidad de avance de cada probeta por lo que se obtendrá diferentes tiempos; cuyos resultados los podemos usar tanto para calcular el consumo de oxígeno y acetileno.

El consumo de gases tanto de oxígeno como de acetileno puede variar de acuerdo a las velocidades de corte y del tiempo de operación, para determinar el consumo total de los gases se suma los resultados de los consumos de oxígeno y acetileno por separado, en este caso se ha establecido un valor total considerando el total del tiempo de corte y del precalentamiento obteniendo los siguientes resultados para el consumo de oxígeno.

$$\text{Consumo de oxígeno} = \text{Consumo según el número de boquilla} * \text{tiempo de operación}$$

Donde:

Boquilla: #2; consumo de oxígeno durante el corte igual a 3,59 m³/h y en precalentamiento igual a 0,34 m³/h. Para el consumo de acetileno equivalente a 0,029 m³/h, revisar anexo 37, 38, 39.

Tiempo calculado en base a la velocidad de corte igual a 1,4 horas.



El cálculo de consumos de gases se realizó de forma individual, tanto para oxígeno como para el acetileno, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{Consumo de oxígeno} = 5,49 \text{ m}^3$$

A continuación, se presenta el consumo de acetileno:

$$\text{Consumo de acetileno} = 0,0545 \text{ m}^3$$

4.9.2. Consumo eléctrico con corte plasma

El consumo depende directamente del tiempo que se usa el equipo de corte por plasma, en este caso tenemos un equipo de 8 kVA o su equivalente de 8000 kW, en este caso en base a los tiempos de corte se ha determinado el consumo energético de la máquina en 571,05 segundos o 0,16 h. En base a estos valores:

$$\text{Consumo Energético} = 1015,2 \text{ (kWh)}$$

Este resultado (1015,2 kWh), representa el consumo durante los cortes de las 18 probetas.

4.10. Costos

Los costos se incluyen los valores por operación, por gasto de gases y de los consumibles empleados para realizar los cortes tanto con corte plasma como con oxicorte.

4.10.1. Costos de Operación con equipo de oxicorte

Los costos de operación para cortes con oxicorte, donde el valor de los tanques de oxígeno es \$33,6 por 6 m³ y de acetileno es \$170,5 por 5,346 m³, se toma en cuenta el valor del consumo que en este caso fue para oxígeno 5,49 m³ y para acetileno de 0,0545 m³, en base a estos valores se puede estimar el costo durante los cortes de las 18 probetas, sin incluir el valor de mano de obra. En el caso del costo de oxígeno, durante el corte de las 18 probetas se gastaría el valor de \$30,77 y con acetileno \$1,74. Valor de mano de obra es \$28,52 donde el valor base es \$20 dólares por el número de 1.4 horas empleadas.

4.10.2. Costos de Operación con equipo plasma

De acuerdo con el precio establecido por la ARCOTEL en la resolución 022/2024 el precio a nivel industrial de voltaje medio para sector industrial es de 0,093 USD/kWh, teniendo en cuenta el consumo antes calculado se puede estimar el costo de operación durante el uso de 0,16 h.

$$\text{Costos de operación} = 94,41 \text{ USD}$$

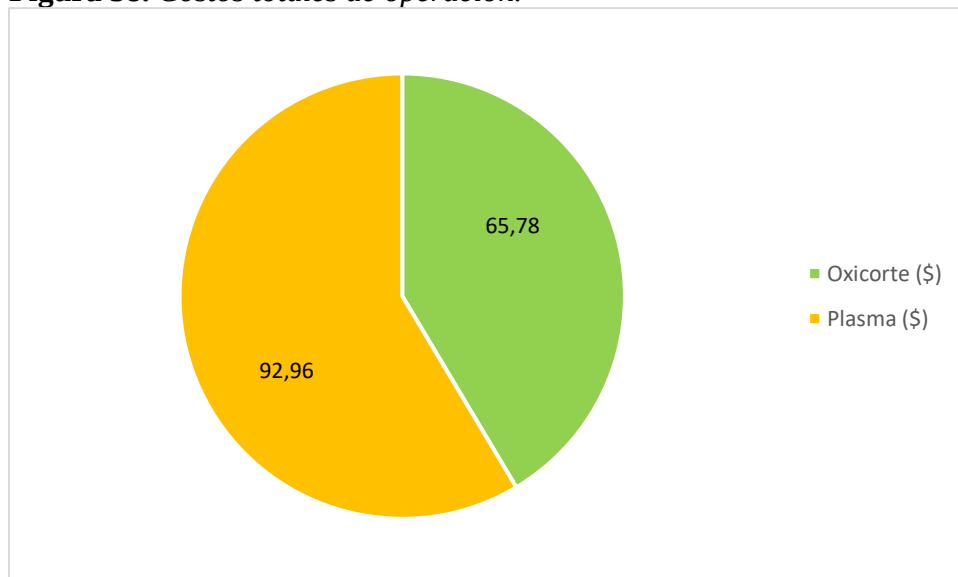
El costo de operación en este caso durante los cortes de las 18 probetas es de \$94,41 sin incluir la mano de obra.



4.10.3. Costos totales de operación

Al tomar en consideración que los gastos presentes en el caso de oxicorte como en el corte plasma no son los mismos porque su forma de funcionamiento es diferente porque en el caso del plasma utiliza la corriente eléctrica para efectuar el corte mientras que en oxicorte se hace el uso de 2 gases consumibles, como se observa en la figura 58 se puede notar que en el caso del corte plasma es \$92,96 dólares el costo operativo a diferencia del oxicorte su beneficio en este caso se puede notar en el precio de los consumibles y en el tiempo del proceso de corte lo que diferencia el costo entre estas dos técnicas de corte; a su vez en el oxicorte que a diferencia su tiempo del proceso en el corte es mayor pero debido a los costos de adquisición de los consumibles los cuales se usarán para mayores periodos de corte hace que los costos totales de operación sean menores; entre lo que representa el ahorro del 32,19% al usar el oxicorte a comparación del corte por plasma. Por calidad y eficiencia el corte por plasma es la opción sin embargo el costo de operación será mayor por el tema de las tarifas del consumo (kWh).

Figura 58. Costos totales de operación.





CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La velocidad de corte depende del tipo de material y su espesor, a su vez de la presión de los gases en el caso del oxicorte y del amperaje en el caso de corte plasma; en el caso del oxicorte se constató que utilizando la llama oxidante y neutra para realizar los cortes la velocidad existirá una diferencia debido a las temperaturas de cada llama, por ejemplo: la diferencia de velocidad de corte en el cobre ($e=0,66$ mm) con la llama oxidante es del 11,69% mayor, no obstante usando la técnica de corte con plasma con un amperaje de 65 A se obtiene una diferencia del 37,15%. De modo similar ocurre con el proceso de corte con el aluminio ($e=3,26$ mm) donde con oxicorte existió una diferencia del 31,93% usando la llama oxidante con respecto a la velocidad de corte, y con el mismo material utilizando corte por plasma a 65 A se obtuvo una diferencia del 45,04%; tomando en cuenta la velocidad de avance se puede destacar que al usar el método de corte plasma el tiempo disminuye para cortar un material.
- El comportamiento de corte en el material efectuado se pudo notar de manera proporcional un comportamiento repetitivo que afecta la calidad de corte en las probetas, este es la temperatura, presión, amperaje adecuada para tener una mejor calidad de corte, estos parámetros son influenciados por la velocidad de corte como también el tiempo de exposición a la acción de chorro térmico, lo que dio como lugar a la premisa de; “A mayor temperatura como presión que este expuesta el material menor el tiempo de exposición como mayor velocidad de avance en el corte para obtener mayor calidad de corte como evitar la formación de exceso rebaba”, esto se puede probar por los resultados obtenidos que corroboran con los siguientes espesores del material con llama neutra: el cobre ($e=0,66$ mm) las rebabas máximas disminuyeron en 142,86%, el acero A36 ($e=2$ mm) las rebabas máximas aumentaron en 27,27%, el Aluminio ($e=3,26$ mm) disminuyeron las rebabas máximas en 31,93%. En cambio, con el corte plasma se obtiene una mayor temperatura con mayor amperaje (tomando en cuenta el aumento de 30A a 65A), por ejemplo; el cobre ($e=0,66$ mm) las rebabas aumentaron en 10,17%, el acero A36 ($e=2$ mm) las rebabas aumentaron en 40,18%, el Aluminio ($e=3,26$ mm) aumentaron las rebabas en 90,41%; es decir a mayor amperaje mayor temperatura por ende menor cantidad de rebabas.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



- Se enfocar en beneficios de tiempo, costos y mano obra presente; donde en oxicorte presento mayores costos debido al valor de los gases y por ende del consumo obteniendo los resultados: consumo de oxígeno de 5,49 m³ y acetileno de 0,054 m³, lo que representa un costo de \$32,51 durante el corte de todos los materiales, si incluimos la preparación de las probetas de \$4,75 y mano de obra de \$28,52, totalizando \$65,78. En cambio, los costos del plasma se basan en el consumo eléctrico de \$64,97, consumibles (antorcha, electrodo, separador) de \$20, mano de obra de \$3,24 y preparación de probetas \$4,75, dando el costo total de \$92,96. Lo que resulta que el proceso de corte con el equipo plasma representó un costo superior de operación del 34,25% cabe destacar que la calidad, tiempo y del proceso de corte justifican el costo que genera.



5.2. Recomendaciones

- Para obtener una excelente calidad de corte teniendo se debe considerar la velocidad del corte usando el corte plasma, para ello es bueno determinar exactamente el espesor y tipo de metal a cortar, y por siguiente revisar los manuales o tablas de corte de acuerdo para seleccionar tanto el amperaje según el espesor del material y determinar que velocidad de corte es la adecuada para ese material, a su vez previo a realizar los cortes se debe verificar que la presión de aire sea de mínimo $10,34 \text{ kN/m}^2$ (1,5 psi) suministrado por el compresor hacia la cortadora plasma para obtener una precisión de corte aceptable.
- Al emplear el equipo de corte plasma Alpha PL1070M2X se recomienda utilizarla en el rango de 40A a 55A con la finalidad de evitar sobrecalentamientos y aprovechar un óptimo ciclo de trabajo debido a que si se sobrepasa la carga nominal el equipo tiende a empezar a fallar o incluso dañarse permanentemente, así mismo se recomienda cortar materiales de hasta 6 mm de espesor con este equipo; para espesores mayores se sugiere máquinas de corte de mayor potencia.
- Se recomienda usar un espaciador en la boquilla entre 6 mm a 9 mm de la tobera para tener un mejor corte, alargar la vida útil de la tobera junto a la boquilla, a su vez mantener por más tiempo en buen estado el electrodo como también que no se desgaste rápido por las altas temperatura que maneja el plasma, además previene el derretimiento prematuro de las partes como el electrodo, la boquilla, así perdiendo toda efectividad y precisión en el corte.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Secretaría Nacional de Planificación, “Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 de Ecuador | Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo”, Observatorio Regional de Planificación para el Desarrollo de América Latina y el Caribe. Consultado: el 18 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador>
- [2] Vallés Abarca y José Antonio, “Descargas eléctricas en gases y plasmas : aplicaciones / José Antonio Vallés Abarca | Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes”, Alicante : Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. Consultado: el 21 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cervantesvirtual.com/obra/descargas-electricas-en-gases-y-plasmas-aplicaciones--0/>
- [3] Messer Cutting Systems, “Fundamentos del corte por plasma - Messer Cutting Systems”. Consultado: el 21 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mx.messer-cutting.com/fundamentos-del-corte-por-plasma/>
- [4] Joel Vilcherrez, “CORTADORA DE PLASMA MILLER”. Consultado: el 21 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://vvaindustrial.com/maquina/cortadora-de-plasma-miller/>
- [5] Hypertherm Inc., “Beneficios de una cortadora de plasma frente a una antorcha”. Consultado: el 21 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hypertherm.com/en-US/resources/spark-the-blog/benefits-of-plasma-cutter-vs-torch/>
- [6] SEO - author, “Cortadora de plasma - T solda”, Tecnologías en Soldadura. Consultado: el 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://tecnologiasensoldadura.com.mx/cortadora-de-plasma/>
- [7] Jim Colt, “La evolución del corte con plasma”, THE FABRICATOR. Consultado: el 25 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.thefabricator.com/thefabricatoren espanol/article/plasmacutting/la-evoluci-n-del-corte-con-plasma>
- [8] Structuralia SA., “Historia y evolución del corte de acero”. Consultado: el 26 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog.structuralia.com/corte-acero>
- [9] Demaquinasyherramientas2, “Corte por Plasma Mecanizado | De Máquinas y Herramientas”. Consultado: el 26 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/corte-por-plasma-mecanizado>
- [10] Roberto Alejandro, “Soldadura y corte con arco de plasma”. Consultado: el 26 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.sapiensman.com/tecnoficio/soldadura/soldadura_de_plasma.php?page=10
- [11] J. Sánchez Galán, “Manufactura - Qué es, definición y significado | 2023 | Economipedia”. Consultado: el 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/manufactura.html>
- [12] Fernando Melchor, “Manufactura: ¿qué es y cómo ayuda a la economía empresarial?”, Visual Mexico. Consultado: el 4 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://visualmexico.com.mx/manufactura-el-sector-que-impulsa-la-economia/>



- [13] Sanchez Javier, “Manufactura - Qué es, definición y significado”. Consultado: el 30 de marzo de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://economipedia.com/definiciones/manufactura.html>
- [14] T. Fernández y E. Tamaro, “La Revolución Industrial”, En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Consultado: el 6 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.biografiasyvidas.com/historia/revolucion_industrial.htm
- [15] J. Alvarez Fernandez, “¿Qué es la manufactura industrial? ¿Qué procesos y tipos existen?” Consultado: el 6 de diciembre de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://overtel.com/blog-3/que-es-la-manufactura-industrial-que-procesos-y-tipos-existen>
- [16] Mattias Turovski, “Producción discreta vs. producción por procesos | MRPeasy Blogs”, MRPeasy. Consultado: el 6 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.mrpeasy.com/blog/es/produccion-discreta-vs-produccion-por-procesos/>
- [17] Rafael Zambelli, “Sistema de producción continua: qué es y cómo elegir”, Checklistfacil. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://blog-es.checklistfacil.com/sistema-de-produccion-continua/>
- [18] Karl H Lauri, “¿Qué es la producción por lotes? | MRPeasy Blogs”, MRPeasy. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.mrpeasy.com/blog/es/produccion-por-lotes/>
- [19] El Nuevo Empresario, “▷ Tipos de procesos de producción que deberás tener en cuenta”, El Nuevo Empresario. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://elnuevoempresario.com/tipos-de-procesos-de-produccion-que-deberas-tener-en-cuenta/>
- [20] Kakao Corp., “Fundición de Metales”, 2023. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://82820082.tistory.com/entry/%EC%A3%BC%EC%A1%B0%EC%9D%98-%EB%8B%A4%EC%96%91%ED%95%9C-%EB%B0%A9%EB%B2%95-%EC%86%8C%EA%B0%9C-%EB%B0%8F-%EC%A4%91%EA%B5%AD%EC%96%B4%ED%91%9C%ED%98%84%EB%B0%A9%EB%B2%95>
- [21] ESingeniería, “El proceso de fundición | ESingeniería.net”, ESingeniería. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://esingenieria.net/el-procesos-de-fundicion/>
- [22] Oscar Rincon, “Tecnicas de-moldeo | PDF”, Slideshare. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ozkarrincon7/tecnicas-demoldeo>
- [23] Fundalco Zona Franca S.A.S, “Fundición por Molde”, el 19 de septiembre de 2015. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://fundalco.com.co/process/fundicion-en-molde-metalico/>
- [24] Karen Meza Peralta PhD, “OPERACIONES UNITARIAS: PROCESAMIENTO: DE FORMADO -Fundición y moldeo.”, Blogspot. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://operacionesunitariaskm.blogspot.com/p/procesos-de-procesamiento.html>
- [25] DS, “Doblar láminas metálicas: lo básico”. Consultado: el 10 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/bending-sheet-metals-basics>



- [26] Insertec, “Procesos especiales - Insertec”, Insertec. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.insertec.biz/es/thermal-engineering-solutions/lineas-de-negocio/soluciones-tratamiento-termico-1/procesos-especiales.html>
- [27] Ltd. Shenzhen Rapid Direct Co., “Tratamiento Especial Químico”, el 11 de noviembre de 2022. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.rapiddirect.com/es/blog/heat-treatment-of-metals/>
- [28] Lutz Schünemann, “Procesos Mecánicos”, el 15 de marzo de 2024. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.rohde-technics.com/es/procesamiento-mecanico>
- [29] Segula Technologies, “Procesos mecánicos | Segula Technologies”, Segula Technologies. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.segulatechnologies.com/es/job/procesos-mecanicos/>
- [30] A. Franchini y B. Forgiatura, “Tratamiento Termico”, el 15 de marzo de 2015. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.franchiniacciai.it/es/tratamientos-t%C3%A9rmicos>
- [31] Acaciadigital, “Tratamiento térmico y recubrimiento en la manufactura”, Smart Design for Manufacturing. Consultado: el 7 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.sdfm.mx/post/tratamiento-t%C3%A9rmico-y-recubrimiento-en-la-manufactura>
- [32] Ingeniería SAMAT, “Tipos de uniones estructurales para la industria | Ingeniería SAMAT”, Ingeniería SAMAT. Consultado: el 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://ingenieriasamat.es/blog/tipos-uniones-estructurales-mecanicas-ingenieria-industrial/>
- [33] Myriam Quiroa y José Francisco López, “Proceso de manufactura - Qué es, definición y concepto”, Economipedia. Consultado: el 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/proceso-de-manufactura.html>
- [34] Verónica González Fernández, “¿Se puede medir un estado plasmático? | Fundación Dr. Antoni Esteve”, Fundación Dr. Antoni Esteve. Consultado: el 8 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.esteve.org/publicaciones/nosotras-respondemos-plasma-2/?doing_wp_cron=1675722252.3795471191406250000000
- [35] Daily Mail, “Plasma Rayo”, el 9 de octubre de 2006. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2006/10/09/fotografia-rayo-cerca-acaba-volando/0003_5180091.htm
- [36] Robar, “Plasma, propiedades, tipos, preparación y uso”, Sciencealpha. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://sciencealpha.com/es/plasma-properties-types-preparation-and-use/>
- [37] Artedinamico, “EL PLASMA, EL CUARTO ESTADO DE LA MATERIA.”, Equipos y laboratorio de Colombia. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/el-plasma-el-cuarto-estado-de-la-materia>
- [38] Maria Camila Leguizamo Restrepo, “Plasma: qué es y cómo se forma |”, Geek. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.icesi.edu.co/blogs_estudiantes/geek/2021/02/07/plasma-que-es-y-como-se-forma/



- [39] Emerging Technology From The Arxiv, “Cómo crear plasma con cualquier microondas de cocina | MIT Technology Review en español”, MIT Technology Review. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.technologyreview.es/s/10414/como-crear-plasma-con-cualquier-microondas-de-cocina>
- [40] Dianelys Ondarse Álvarez, “Estado plasmático - Concepto, tipos de plasma y ejemplos”, Concepto. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://concepto.de/estado-plasmatico/>
- [41] Gradilla.info, “▷ 5 Ejemplos de Plasma - Concepto y Tipos”, Gradilla.info. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://gradilla.info/5-ejemplos-de-plasma/>
- [42] Dianelys Ondarse Álvarez, “Ejemplos de Estado Plasmático”, Enciclopedia de Ejemplos. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.ejemplos.co/12-ejemplos-de-estado-plasmatico/>
- [43] Stephen Rhoton, “Estado Plasmático (Qué es, Características y Ejemplos) - Enciclopedia Significados”, Significados.com. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.significados.com/estado-plasmatico/>
- [44] D. Ondarse, “Ejemplos de Estado Plasmático”. Consultado: el 12 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ejemplos.co/12-ejemplos-de-estado-plasmatico/>
- [45] S. Rhoton, “Estado Plasmático (Qué es, Características y Ejemplos) - Enciclopedia Significados”. Consultado: el 12 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://www.significados.com/estado-plasmatico/>
- [46] Oxiplant, “Corte Plasma de Metales - Oxiplant”, Oxiplant. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://oxiplant.com/servicios/corte-plasma/>
- [47] Acrigrabados, “Corte Plasma”, el 13 de abril de 2024. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://acrigrabados.com/servicios/corte-plasma-y-trabajos-en-metal>
- [48] Mahenor, “Los distintos tipos de gases y su función en el proceso del corte por plasma - Mahenor: Maquinaria de corte y deformación”, Mahenor. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mahenor.com/los-distintos-tipos-de-gases-y-su-funcion-en-el-proceso-del-corte-por-plasma/>
- [49] GALA GAR, “Corte por plasma | GALA GAR - Productos de soldadura y reguladores de gas - Gas y soldadura”, GALA GAR. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://galagar.com/corte-por-plasma/>
- [50] Oxiadmin, “Calidad y precisión en el corte por plasma - Oxiplant”, Oxiplant. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://oxiplant.com/calidad-precision-corte-plasma/>
- [51] Belinda, “▷ Corte por plasma: cómo funciona, usos y alternativas”, PerezCamps. Consultado: el 13 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://perezcamps.com/es/corte-plasma/>
- [52] GALAGAR, “Corte por plasma | GALA GAR - Productos de soldadura y reguladores de gas - Gas y soldadura”. Consultado: el 12 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en:
<https://galagar.com/corte-por-plasma/>
- [53] Oxiplant, “Aplicaciones del corte por plasma - Oxiplant”, Oxiplant. Consultado: el 14 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://oxiplant.com/aplicaciones-del-corte-plasma/>



- [54] VSM Latinoamérica S.A.S., “Biselado”, el 13 de junio de 2023. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://vsmabrasivos.com/co/blog/como-hacer-biselado-efectivo/>
- [55] I. Hypertherm, “Cincelado de largo alcance”, el 14 de octubre de 2022. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.hypertherm.com/en-US/solutions/applications/extended-reach-cutting/>
- [56] S. A. AL AIR LIQUIDE ESPAÑA, “Corte de Plasma”, el 12 de julio de 2024. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.airliquide.com/soluciones/corte-industrial/infraestructura-energetica-corte-por-plasma>
- [57] AWS C4.6M, “Thermal Cutting— Classification of Thermal Cuts— Geometric Product Specification and Quality Tolerances”, 2006. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://pubs.aws.org/Download_PDFS/C4.6M-2006\(R2012\)PV.pdf](https://pubs.aws.org/Download_PDFS/C4.6M-2006(R2012)PV.pdf)
- [58] ISO, “ISO 9013”, 2017. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/60321.html>
- [59] D. Bertolín y O. Balsells, *Procesos de Corte y Preparación de Bordes*, 1a ed. España, 2015.
- [60] ISO, “ISO/TR 22100-1”, 2021. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/08/04/80420.html>
- [61] UNE, “UNE-EN ISO 12100”, 2004. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0031797>
- [62] ISO, “ISO/TR 14121-2”, 2012. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/05/71/57180.html>
- [63] ISO, “ISO 13732-1”, 2006. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/04/35/43558.html>
- [64] ISO, “ISO 15536-1”, 2005. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/02/75/27580.html>
- [65] UNE, “UNE-EN 1127-1”, 2012. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.normadoc.com/media/preview_pdf/ESN0049930.pdf
- [66] UNE, “UNE-EN 60204-1”, 2019. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0061674>
- [67] ISO, “ISO 11200”, 2014. Consultado: el 11 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/35377.html>
- [68] Cormancol, “Guantes de Cuero”. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.cormancol.com/catalogo/guantes-de-trabajo/guante-ingeniero-con-refuerzo-externo/>
- [69] 3M, “Careta para Soldar”, sep. 2012. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/896186O/3m-ficha-tecnica.pdf>
- [70] Glute, “Mandil de Cuero”. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bing.com/ck/a?!&p=13bc18a5b491b0509d61e2144e1f143a210d29c5cfa2525ae62f89a81b535809JmltdHM9MTcyODk1MDQwMA&pptn=3&ver=2&hsh=4&fclid=301b352f-4f58-6e07-1954-27d44e446f69&psq=ficha+t%C3%A9cnica+de+mandil+de+cuero+clute+pdf&u=a1aHR0>



cHM6Ly9jbHV0ZS5jb20ucGUvdGllbmRhL3Byb3RlY2Npb24tc29sZGFkb3IvbWFuZGlsLWRILWN1ZXJvLWNyb21vLz9hdHRhY2htZW50X2lkPTY5ODUmZG93bmXvYWRFZmlsZT10eXVzYXZ1OGdpOGpo&ntb=1

- [71] DIPAC, “Plancha de Acero ASTM A36”. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dipacmanta.com/producto/planchas/planchas-acero-negro/planchas-laminadas-en-caliente/>
- [72] EUROPER, “Acero Inoxidable”. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://europer.cl/wp-content/uploads/2021/11/FICHAS-TECNICA-ACERO-INOX.304-304L.pdf>
- [73] DIPAC, “Acero Inoxidable AISI 304”. Consultado: el 14 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dipacmanta.com/producto/inoxidable/planchas-2/planchas-inoxidable/>
- [74] DIPAC, “Aluminio (Antideslizante)”. Consultado: el 16 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dipacmanta.com/producto/aluminio/plancha-antideslizante/plancha-antideslizante/>
- [75] DIPAC, “Plancha T1A Antiabrasiva”. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://dipacmanta.com/producto/planchas/planchas-antiabrasivas/planchas-antiabrasivas/>
- [76] ELECTROSERTEC, “Platina de cobre electrolítica”. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: https://electrosertec.com/platinas-barras-de-cobre-y-aisladores/138-platinas-de-cobre-bus-bar.html?search_query=cobre&results=12
- [77] C. Teodoro, *UF0592: Corte por plasma y oxicorte*. 2016.
- [78] ALPHA, “Manual Cortadora Plasma”.
- [79] C. Ferrón, *UF0592: Corte por plasma y oxicorte*. 2016.
- [80] Daniel Gil y Oriol Balsells, *UF 1622: Procesos de Corte y Preparación de Bordes*. 2015.
- [81] Kirin Laser, “Parámetros óptimos para el corte por láser de 1 kW de varios metales”.
- [82] T. Ferrón, *UF0592*. 2016.
- [83] P. Arcos y J. Fiallos, “Análisis comparativo de los procesos de corte por plasma, oxicorte y arc air aplicados a metales”, 2010. Consultado: el 7 de noviembre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1548>
- [84] Grupoinfra, “Grupoinfra”. Consultado: el 12 de marzo de 2025. [En línea]. Disponible en: https://grupoinfra.com/librerias/descargas/07_autogena_2025_8dnr.pdf



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



ANEXOS

Anexo 1. Resultados de la probeta O1 (2)-1.

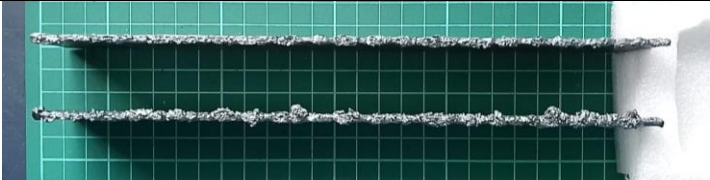
RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O1 (2)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 2,95 s Tiempo de corte: 60,18 s Velocidad de corte: 0,42 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☐ Irregular ☒	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS

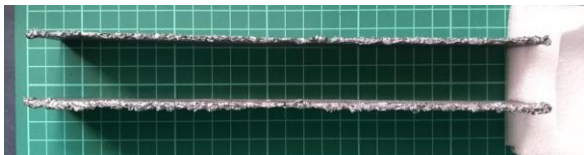


Anexo 2. Resultados de la probeta O1 (2)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O1 (2)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: 0,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 4,98 s Tiempo de corte: 70,6 s Velocidad de corte: 0,35 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 3. Resultados de la probeta O1 (2)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O1 (2)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: 0,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 3,45 s; N: 6,45s Tiempo de corte: Ox: 30,43 s; N: 22,82 s Velocidad de corte: Ox: 0,41; N: 0,55 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 4. Resultados de la probeta P1 (2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P1 (2)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: 0,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 41,82 s Velocidad de corte: 0,60 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 5. Resultados de la probeta P1 (2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P1 (2)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: 0,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 36 s Velocidad de corte: 0,69cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 6. Resultados de la probeta P1 (2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P1 (2)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero A36 Composición: 0,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 24,72 s Velocidad de corte: 1,01cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 7. Resultados de la probeta O2 (4)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O2 (4)-1	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 13,01 s Tiempo de corte: 877,75 s Velocidad de corte: 0,03 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 8. Resultados de la probeta O2 (4)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O2 (4)-2	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 15,10 s Tiempo de corte: 430,17 s Velocidad de corte: 0,06 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 9. Resultados de la probeta O2 (4)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O2 (4)-3	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 17,37 s, N: 15,04 s Tiempo de corte: Ox: 185, 66 s, N: 256.08 s Velocidad de corte: Ox: 0,07; N: 0,05 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 10. Resultados de la probeta P2 (4)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P2 (4)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 76,57 s Velocidad de corte: 0,33 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 11. Resultados de la probeta P2 (4)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P2 (4)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 43,74 s Velocidad de corte: 0,57 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	

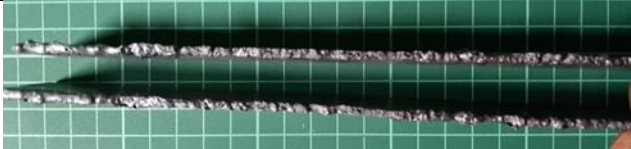


Anexo 12. Resultados de la probeta P2 (4)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P2 (4)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero Inoxidable Composición: 0,18% CR Espesor: 4 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 34,22 s Velocidad de corte: 0,73 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	

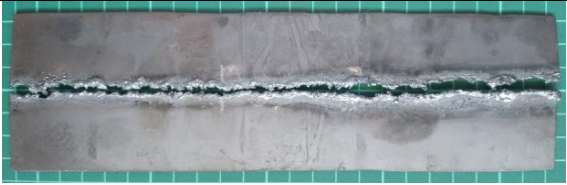


Anexo 13. Resultados de la probeta O3 (2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O3 (2)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural tipo G Composición: 0,11% Fe Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 3,95 s Tiempo de corte: 67,6 s Velocidad de corte: 0,37 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 14. Resultados de la probeta O3 (2)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O3 (2)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural tipo G Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 5,98 s Tiempo de corte: 98,34 s Velocidad de corte: 0,25 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 15. Resultados de la probeta O3 (2)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O3 (2)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural Tipo G Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 3,45 s; N: 6,45s Tiempo de corte: Ox: 32, 67 s, N: 27.17 s Velocidad de corte: Ox: 0,38; N: 0,46 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebasas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 16. Resultados de la probeta P3 (2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P3 (2)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural tipo G Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 42,34 s Velocidad de corte: 0,59cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS





Anexo 17. Resultados de la probeta P3 (2)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P3 (2)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural tipo G Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 35,19 s Velocidad de corte: 0,71 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebasas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 18. Resultados de la probeta P3 (2)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P3 (3)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural tipo G Composición: O,25% C Espesor: 2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 22,87 s Velocidad de corte: 1,09 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 19. Resultados de la probeta O4 (3,26)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O4 (3,26)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 18,12 s Tiempo de corte: 174,98 s Velocidad de corte: 0,14 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 20. Resultados de la probeta O4 (3,26)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O4 (3,26)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 18,48 s Tiempo de corte: 145,69 s Velocidad de corte: 0,17 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 21. Resultados de la probeta O4 (3,26)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O4 (3,26)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 17,86 s; N: 15,38 s Tiempo de corte: Ox: 59, 76 s, N: 149,70 s Velocidad de corte: Ox: 0,21; N: 0,08 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 22. Resultados de la probeta P4 (3,26)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P4 (3,26)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 10 s Tiempo de corte: 39 s Velocidad de corte: 0,64 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 23. Resultados de la probeta P4 (3,26)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P4 (3,26)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 10 s Tiempo de corte: 25,3 s Velocidad de corte: 0,99 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	

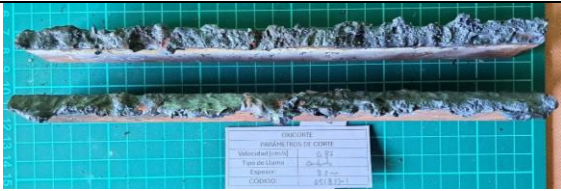


Anexo 24. Resultados de la probeta P4 (3,26)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P4 (3,26)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Aluminio Composición: 0,11% Fe Espesor: 3,26 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 16 s Velocidad de corte: 1,56 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 25. Resultados de la probeta O5 (8,2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O5 (8,2)-1	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: T1A Antiabrasivo Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 7,97 s Tiempo de corte: 538,69 s Velocidad de corte: 0,05 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 26. Resultados de la probeta O5 (8,2)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O5 (8,2)-2	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: T1A Antiabrasivo Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 22,91 s Tiempo de corte: 579,98 s Velocidad de corte: 0,04 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano	☒
	Irregular	☐
Borde:	Cuadrado	☐
	Socavamiento borde inferior	☒
	Socavamiento borde superior	☒
Escoria:	Si	☒
	No	☐
Rebasas:	Si	☒
	No	☐
	Dimensiones:	
Defectos superficiales:	Grietas	☐
	Bolsas	☒
	Otros	☐



Anexo 27. Resultados de la probeta O5 (8,2)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O5 (12,28)-3	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Acero estructural Tipo G Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 18,10 s; N: 13,51 s Tiempo de corte: Ox: 431,51 s, N: 422,81 s Velocidad de corte: Ox: 0,03; N: 0,03 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebasas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 28. Resultados de la probeta P5 (8,2)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P5 (8,2)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: T1A Antiabrasivo Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 44,51 s Velocidad de corte: 0,56 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 29. Resultados de la probeta P5 (8,2)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P5 (8,2)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: T1A Antiabrasivo Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 37,54 s Velocidad de corte: 0,67 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 30. Resultados de la probeta P5 (8,2)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P5 (8,2)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: T1A Antiabrasivo Composición: 0,36% C Espesor: 8,2 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 31,96 s Velocidad de corte: 0,78 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 31. Resultados de la probeta O6 (0,66)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O6 (0,66)-1	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 6,48 s Tiempo de corte: 102,33 s Velocidad de corte: 0,24 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☐ Irregular ☒	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 32. Resultados de la probeta O6 (0,66)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O6 (0,66)-2	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: 10,13 s Tiempo de corte: 159,01 s Velocidad de corte: 0,16 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☐ Irregular ☒	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 33. Resultados de la probeta O6 (0,66)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: O6 (0,66)-3	Fecha: 9 de Diciembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Tamaño de boquilla: 2 Presión de oxígeno corte: 20 psi Presión de acetileno: 10 psi	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de precalentamiento: Ox: 9,02 s; N: 6,24 s Tiempo de corte: Ox: 45,03 s; N: 34,07 s Velocidad de corte: Ox: 0,28; N: 0,23 [cm/s]		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☐	
	Irregular ☒	
Borde:	Cuadrado ☐	
	Socavamiento borde inferior ☒	
	Socavamiento borde superior ☒	
Escoria:	Si ☒	
	No ☐	
Rebabas:	Si ☒	Dimensiones:
	No ☐	
Defectos superficiales:	Grietas ☐	
	Bolsas ☒	
	Otros ☐	



Anexo 34. Resultados de la probeta P6 (0,66)-1.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P6 (0,66)-1	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 30 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 10,52 s Velocidad de corte: 2,38 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 35. Resultados de la probeta P6 (0,66)-2.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P6 (0,66)-2	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 50 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 5,57 s Velocidad de corte: 4,49 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



Anexo 36. Resultados de la probeta P6 (0,66)-3.

RESULTADOS DE CORTE		
IDENTIFICACIÓN		
No. Probeta: P6 (0,66)-3	Fecha: 22 de Noviembre del 2024	
MATERIAL	EQUIPO	
Material: Cobre Composición: 99,994% Cu Espesor: 0,66 mm Dimensiones: 7 cm x 25 cm	Diámetro de boquilla: 1mm Distancia antorcha material: 9 mm Presión de aire: 1,71 psi Amperaje usado: 65 A	
PROCESO DE CORTE	PERFIL DE CORTE	
Tiempo de corte: 3,18 s Velocidad de corte: 7,86 cm/s		
CALIDAD DE CORTE (MARCAR CON UNA X)		
Apariencia superficial:	Plano ☒ Irregular ☐	
Borde:	Cuadrado ☐ Socavamiento borde inferior ☒ Socavamiento borde superior ☐	
Escoria:	Si ☒ No ☐	
Rebabas:	Si ☒ No ☐	Dimensiones:
Defectos superficiales:	Grietas ☐ Bolsas ☒ Otros ☐	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 37. Consumo de Gases

BOQUILLA #2	ESPESOR (mm)	VELOCIDAD (cm/s)	VELOCIDAD (cm/min)	LONGITUD (cm)	Consumo de oxígeno (cortando) [m3/h]	Consumo de oxígeno (Precalentamiento) [m3/h]	Consumo de acetileno [m3/h]
O1 (2) - 1 OX	2	0.42	24.93	25	3.59	0.34	0.029
O1 (2) - 2 N	2	0.35	21.25	25	3.59	0.34	0.029
O1 (2) - 3.OX	2	0.41	24.65	25	3.59	0.34	0.029
O1 (2) - 3.N	2	0.38	22.85	25	3.59	0.34	0.029
O2 (4) - 1	4	0.03	1.71	25	3.59	0.34	0.029
O2 (4) - 2	4	0.06	3.49	25	3.59	0.34	0.029
O2 (4) - 3.OX	4	0.07	4.04	25	3.59	0.34	0.029
O2 (4) - 3.N	4	0.05	2.93	25	3.59	0.34	0.029
O3 (2) - 1	2	0.37	22.19	25	3.59	0.34	0.029
O3 (2) - 2	2	0.25	15.25	25	3.59	0.34	0.029
O3 (2) - 3.OX	2	0.38	22.96	25	3.59	0.34	0.029
O3 (2) - 3.N	2	0.46	27.60	25	3.59	0.34	0.029
O4 (3,26) - 1	3.26	0.14	8.57	25	3.59	0.34	0.029
O4 (3,26) - 2	3.26	0.17	10.30	25	3.59	0.34	0.029
O4 (3,26) - 3.OX	3.26	0.21	12.55	25	3.59	0.34	0.029
O4 (3,26) - 3.N	3.26	0.08	5.01	25	3.59	0.34	0.029
O5 (8,2) - 1	8.2	0.05	2.78	25	3.59	0.34	0.029
O5 (8,2) - 2	8.2	0.04	2.59	25	3.59	0.34	0.029
O5 (8,2) - 3.OX	8.2	0.03	1.74	25	3.59	0.34	0.029
O5 (8,2) - 3.N	8.2	0.03	1.77	25	3.59	0.34	0.029
O6 (0,66) - 1	0.66	0.24	14.66	25	3.59	0.34	0.029
O6 (0,66) - 2	0.66	0.16	9.43	25	3.59	0.34	0.029
O6 (0,66) - 3.OX	0.66	0.28	16.66	25	3.59	0.34	0.029
O6 (0,66) - 3.N	0.66	0.23	13.87	25	3.59	0.34	0.029



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 38. Consumo de Oxígeno.

PROBETA	CONSUMO DE OXÍGENO (CORTANDO)		CONSUMO DE OXÍGENO (PRECALENTAMIENTO)		CONSUMO PARCIAL	
O1 (2) - 1 OX	0.060	m ³	0.006	m ³	0.066	m ³
O1 (2) - 2 N	0.070	m ³	0.007	m ³	0.077	m ³
O1 (2) - 3.OX	0.061	m ³	0.006	m ³	0.066	m ³
O1 (2) - 3.N	0.065	m ³	0.006	m ³	0.072	m ³
O2 (4) - 1	0.875	m ³	0.083	m ³	0.958	m ³
O2 (4) - 2	0.429	m ³	0.041	m ³	0.470	m ³
O2 (4) - 3.OX	0.370	m ³	0.035	m ³	0.405	m ³
O2 (4) - 3.N	0.511	m ³	0.048	m ³	0.559	m ³
O3 (2) - 1	0.067	m ³	0.006	m ³	0.074	m ³
O3 (2) - 2	0.098	m ³	0.009	m ³	0.107	m ³
O3 (2) - 3.OX	0.065	m ³	0.006	m ³	0.071	m ³
O3 (2) - 3.N	0.054	m ³	0.005	m ³	0.059	m ³
O4 (3,26) - 1	0.174	m ³	0.017	m ³	0.191	m ³
O4 (3,26) - 2	0.145	m ³	0.014	m ³	0.159	m ³
O4 (3,26) - 3.OX	0.119	m ³	0.011	m ³	0.130	m ³
O4 (3,26) - 3.N	0.299	m ³	0.028	m ³	0.327	m ³
O5 (8,2) - 1	0.537	m ³	0.051	m ³	0.588	m ³
O5 (8,2) - 2	0.578	m ³	0.055	m ³	0.633	m ³
O5 (8,2) - 3.OX	0.861	m ³	0.082	m ³	0.942	m ³
O5 (8,2) - 3.N	0.843	m ³	0.080	m ³	0.923	m ³
O6 (0,66) - 1	0.102	m ³	0.010	m ³	0.112	m ³
O6 (0,66) - 2	0.159	m ³	0.015	m ³	0.174	m ³
O6 (0,66) - 3.OX	0.090	m ³	0.009	m ³	0.098	m ³
O6 (0,66) - 3.N	0.108	m ³	0.010	m ³	0.118	m ³
				CONSUMO TOTAL	7.38	m³



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
 Acreditada Resolución Nro. 173-SE-33-CACES-2020
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
APLICADAS



Anexo 39. Consumo de Acetileno.

PROBETA	CONSUMO DE ACETILENO (m ³)	
O1 (2) - 1 OX	0.00048	m ³
O1 (2) - 2 N	0.00057	m ³
O1 (2) - 3.OX	0.00049	m ³
O1 (2) - 3.N	0.00053	m ³
O2 (4) - 1	0.00707	m ³
O2 (4) - 2	0.00347	m ³
O2 (4) - 3.OX	0.00299	m ³
O2 (4) - 3.N	0.00413	m ³
O3 (2) - 1	0.00054	m ³
O3 (2) - 2	0.00079	m ³
O3 (2) - 3.OX	0.00053	m ³
O3 (2) - 3.N	0.00044	m ³
O4 (3,26) - 1	0.00141	m ³
O4 (3,26) - 2	0.00117	m ³
O4 (3,26) - 3.OX	0.00096	m ³
O4 (3,26) - 3.N	0.00241	m ³
O5 (8,2) - 1	0.00434	m ³
O5 (8,2) - 2	0.00467	m ³
O5 (8,2) - 3.OX	0.00695	m ³
O5 (8,2) - 3.N	0.00681	m ³
O6 (0,66) - 1	0.00082	m ³
O6 (0,66) - 2	0.00128	m ³
O6 (0,66) - 3.OX	0.00073	m ³
O6 (0,66) - 3.N	0.00087	m ³
TOTAL	0.0545	m³



Anexo 40. *Manual de Equipo Plasma Inverter.*



CORTE PLASMA INVERTER

MODELO: PL 1070 M2 X



MANUAL DEL USUARIO

ESPAÑOL

Las imágenes son solo ilustrativas



ATENCIÓN

Este manual debe ser leído atentamente antes de proceder a instalar y utilizar este producto.
 Antes de usar la máquina lea cuidadosamente, comprenda y respete las instrucciones de seguridad.





CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo: PL 1070 M2 X
 Voltaje/Frecuencia: 220V~50-60Hz
 Potencia nominal: 8kVA
 Rango de Amperaje: 10 - 70A Aislación:
 Clase I
 Peso: 20,0Kg –44,1lb
 Origen: China

ESPESOR PARA CORTE	
20mm - 13/16"	SEPARA
17mm - 11/16"	ACEPTABLE
15mm - 9/16"	PERFECTO



SIMBOLOGÍA



RIESGO ELÉCTRICO – PELIGRO ELECTROCUCIÓN.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos que implican riesgo eléctrico.



RIESGO EN TAREAS DE MANTENIMIENTO.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre la necesidad de desconectar el aparato de la red eléctrica, antes de realizar tareas de mantenimiento.



PELIGRO DE INCENDIO.



Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos que implican riesgo de incendio.



PELIGRO DE EXPLOSIÓN.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos de productos o gases que implican riesgo tóxico.



VENENO.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos de productos o gases que implican riesgo tóxico.



PELIGRO DE QUEMADURA.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos de materiales u objetos que implican riesgo de quemaduras.



PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre el riesgo que implica realizar determinadas operaciones en ambientes húmedos, sobre suelos mojados o bajo la lluvia.



INDUMENTARIA DE PROTECCIÓN.

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre el uso de ropa protectora, anteojos, guantes, casco y/o botines de seguridad.



IMPORTANTE



Si al desembalar la máquina detectara algún daño producido durante el transporte, **NO LA PONGA EN SERVICIO.**

Contrólela en alguno de los talleres autorizados y eventualmente que sea reparada. Siga con atención las prescripciones de mantenimiento.



ANTES de comenzar a operar la máquina, lea y comprenda todas las instrucciones y advertencias que se encuentran en la máquina y en los manuales.

Familiarícese totalmente con los controles y el uso correcto de la máquina.

Esta máquina no está destinada para ser usada por niños o personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales disminuidas que deban ser supervisadas para que sea usada con seguridad. Los niños deben ser supervisados para asegurarse que no jueguen con la máquina.

Por favor, preste especial atención cuando vea el siguiente símbolo de advertencia:



WARNING – PRECAUCIÓN – ATENCIÓN

Este símbolo es empleado para alertar al usuario sobre operaciones y usos que implican riesgo de daño físico o peligro de muerte cuando las instrucciones no son seguidas estrictamente.



POR RAZONES DE SEGURIDAD AQUELLOS QUE NO ESTEN FAMILIARIZADOS CON SU



OPERACIÓN NO DEBEN UTILIZARLA.

Evite el contacto directo con el circuito de soldadura.



PELIGRO DE ELECTROCUCIÓN. Desconecte la máquina antes de realizar la instalación y de todas las operaciones de verificación y mantenimiento.



Desconecte la máquina antes de sustituir las partes de la torcha con mayor desgaste.



NO USE la máquina en ambientes húmedos, sobre suelos mojados o bajo la lluvia.



En caso de que el cable de alimentación debiera ser reemplazado, la substitución del cable de alimentación debe ser hecha por otro de iguales características concurra a un **CENTRO de SERVICIOS AUTORIZADO**, según consta en el certificado de garantía.



CUIDADO: Durante estas operaciones el alambre está bajo tensión eléctrica y está sometido a fuerzas mecánicas. Esté atento a las tareas que realiza.



PELIGRO DE SHOCK ELECTRICO, HERIDA Y ARCOS NO DESEADOS.



USE SIEMPRE ropa y guantes protectores aislantes.



NUNCA apoye la embocadura de la torcha contra partes de su propio cuerpo o el de los demás.



NO acerque la torcha a los tubos de gas.

REGLAS DE SEGURIDAD

PREVENCIÓN DE HUMOS TÓXICOS



El plomo, cadmio, zinc, mercurio y berilio, rodamientos y materiales similares, pueden provocar peligrosas concentraciones de humo tóxico al intentar soldar o cortar.



No suelde piezas húmedas con solventes clorados porque en contacto de la radiación del arco se forma fosgeno, un gas altamente tóxico.

El sector debe estar bien ventilado y contar con un extractor de humos, o cada persona poseer un equipo respirador.

PREVENCIÓN DE INCENDIOS O EXPLOSIONES

Las causas de incendio o explosión son:
 combustibles alcanzados por el arco, llama, chispas, escorias o materiales recalentados, mezcla de gases comprimidos en cilindros y cortocircuitos.



NO SUELDE si hay combustibles en el área.

NO SUELDE en cabinas de pintura, tanques vacíos, áreas de almacenaje y ventiladores.

Si no se puede trasladar, aleje el combustible a más de 10 metros, para que esté fuera de alcance de las chispas y el calor, o protéjalos con cubiertas resistentes al calor o con pantallas. Materiales que en su parte posterior estén en contacto con materiales inflamables **NO DEBEN SOLDARSE**. Paredes, cielorrasos y pisos cercanos al área de trabajo también deben protegerse.



Evite trabajar sobre materiales que hayan sido limpiados con disolventes o próxima a recipientes que contengan estos materiales.

Una persona dotada de un matafuego adecuado debe vigilar durante el trabajo de soldadura o corte si hay:

- Edificaciones combustibles en un área de 10 metros.
- Combustibles en un área menor de 10 metros que pueda ser inflamada por las chispas.
- Grietas (visibles o sospechosas) en pisos o paredes que puedan exponer combustibles a las chispas.
- Combustibles adyacentes a paredes, techos, pisos o tabiques metálicos que puedan encenderse por el calor irradiado o conducido.

Antes de abandonar el trabajo verifique el área esté libre de chispas, escorias incandescentes o llamas.



NO SUELDE sin una limpieza previa a fondo, por medio de vapor o limpiadores cáusticos, cualquier envase que hubiera contenido combustibles o sustancias que al calentarse pudieran producir vapores tóxicos.



NUNCA SUELDE si el área contiene restos inflamables de polvo, gas o vapores de líquidos (como el de nafta).



Las soldadoras por arco pueden ser perjudiciales para las personas y el ámbito donde son utilizadas.



En caso que el equipo sufra una caída, no debe ser usado hasta verificar la existencia de daños en la seguridad eléctrica del producto.



NO USE la soldadora para descongelar tuberías.

PREVENCION DE QUEMADURAS



NUNCA mire hacia un arco eléctrico sin protección.

La máscara de soldar debe poseer un filtro oscuro N°12 o más denso. Cúbrase la cara **ANTES** de iniciar el arco. Proteja el filtro con un vidrio transparente. Filtros y máscaras con grietas o roturas **NO DEBEN USARSE**.

El filtro o el vidrio transparente dañados o faltantes deben ser reemplazados de forma **INMEDIATA**.



Mirar hacia el arco aún momentáneamente sin protección ocular puede causar quemaduras en la retina.



-  **NO** sobrepase la capacidad máxima del equipo de soldadura, podría ser causa de recalentamiento de los cables e incendio.
-  Las conexiones sueltas producen recalentamiento y chisporroteos, pudiendo ser causa de fuego.
-  **NO** intente soldar ninguna clase de envase bajo presión.
-   Controle que el voltaje de alimentación sea igual al de la máquina.
-   Verifique que el voltaje de alimentación y las especificaciones de la chapa de indentificación coincidan.
-   **NO SE PARE, SIENTE, SE APOYE o TOQUE** los conductores cuando esté soldando, sin la adecuada protección.
-   Los campos magnéticos de las altas corrientes pueden afectar el normal funcionamiento de los marcapasos.
Si utiliza uno, consulte a su médico.
-   **NUNCA** toque el electrodo u otro objeto metálico si no está desconectada la fuente de alimentación de la soldadora.
-   **USE** solo electrodos totalmente aislados. **NO USE** portaelectrodos con tornillos sobresalientes.

PREVENCIÓN DE QUEMADURAS



USE SIEMPRE máscara o un casco para soldar, no inflamable, que esté diseñado para proteger el cuello y el rostro también por los costados.

La máscara o el casco deben estar equipados con lentes protectoras apropiadas al proceso de soldadura y a la corriente que se emplea.



USE SIEMPRE ropa protectora, guantes largos, diseñados para usar en soldadura, gorra, botines de seguridad, camisa con cuello cerrado y bolsillos con solapa, para prevenir la entrada de chispas y escoria.



Los metales calientes, como electrodos o piezas soldadas **NUNCA** deben ser tocadas sin guantes.

USE SIEMPRE casco de seguridad cuando haya otros trabajadores en niveles superiores.

Es recomendable contar con un botiquín de primeros auxilios para quemaduras en ojos y piel y personal capacitado para su uso, si no cuenta con facilidades médicas cercanas para el tratamiento inmediato de quemaduras.

Si intenta cortar o soldar **NO USE** preparados inflamables para el cabello.



NORMAS DE SEGURIDAD ADICIONALES



Mantenga libre el área de trabajo.



MANTÉNGASE ALERTA. No opere la máquina si está cansado o adormecido ni bajo efectos de drogas o alcohol.



FAMILIARÍCESE CON LOS CONTROLES. Sepa como detener inmediatamente la máquina en caso de necesidad.



NUNCA obstruya las rejillas de ventilación durante el funcionamiento de la máquina.



Las personas que tengan **MARCAPASOS CARDÍACOS** deben permanecer lejos de la zona donde se suelda.

CONEXIÓN A LÍNEA DE ALIMENTACIÓN



Antes de efectuar cualquier tipo de conexión eléctrica verifique que la tensión y frecuencia de la identificación de la soldadora correspondan a las de la red disponible en el lugar de instalación.



PELIGRO DE ELECTROCUCIÓN.



Antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento verifique que el aparato se encuentre desconectado de la red eléctrica.



Proteja el cable de alimentación del calor, aceites y bordes agudos. Colóquelo de tal forma que, al trabajar, no moleste ni corra riesgo de deterioro.



NO toque el enchufe ni el tomacorriente con las manos mojadas. **PELIGRO DE ELECTROCUCIÓN.**



Si usa un cable de extensión, éste debe estar aprobado para su uso en exteriores, del calibre adecuado al consumo de la máquina y a su largo.



NO USE CABLES REPARADOS O AÑADIDOS.



NO sustituya la ficha polarizada original por otra de diferente tipo. **PELIGRO PARA SU SEGURIDAD Y LA DE LOS DEMÁS.**



Todas las partes conductoras deberán protegerse contra chorros de agua. **PELIGRO DE CORTOCIRCUITO.** Un interruptor diferencial de seguridad (30 mA) ofrece una protección personal suplementaria.



El mantenimiento y/o reparación de los circuitos eléctricos **DEBEN** ser realizados por personal especializado.



NORMAS ESPECÍFICAS DE SEGURIDAD PARA EQUIPOS DE CORTE POR PLASMA

- Mantener etiquetas y letreros en el Cortador de Plasma de aire. Éstos llevan la información importante.
- Mantenga un ambiente de trabajo seguro. Mantenga el área de trabajo limpia. Asegúrese que la zona de trabajo circundante es adecuada. Siempre mantenga el área de trabajo sin obstrucciones, grasa, petróleo, basura, y otros elementos. No use una herramienta eléctrica en áreas cercana a productos químicos inflamables, polvos, y vapores. No use este producto en un lugar húmedo o mojado.
- Evite el arranque involuntario. Asegúrese de que los elementos están listos para comenzar el trabajo antes de encender el Cortador de Plasma de aire.
- Desenchufar antes de realizar el mantenimiento. Siempre desenchufe el Cortador Plasma de su toma eléctrica antes de realizar una inspección, mantenimiento, o realizar procedimientos.
- Nunca deje el Cortador Plasma desatendido mientras está encendido. Corte la energía si usted tiene que dejar el Cortador de Plasma de Aire.
- Prevenir heridas de ojo y quemaduras. El uso y la utilización de ANSI probaron que la ropa de seguridad personal y los dispositivos de seguridad reducen el riesgo de heridas.
- Prevenir fuegos casuales. Quite cualquier material combustible del área de trabajo.
- Evite exposiciones a los humos y gases. Siempre mantenga su cabeza lejos de los humos. No inhale los humos. Utilice suficiente ventilación para mantener los humos y gases lejos del área de respiración.
- Siempre mantenga los cables y mangueras lejos del área de corte. Examine todas las mangueras y cables antes de cualquier trabajo. Si alguna de éstas estuviese dañada, hágalas reemplazar por personal idóneo.
- Nunca use aceite, grasa o algún conector de entrada o salida, ni válvulas cilíndricas.

PREVENCIÓN DE INCENDIO

- Durante el proceso de soldadura el metal se calienta a muy altas temperaturas y pueden proyectarse chispas y escoria alrededor. Se deben tomar precauciones adecuadas para prevenir incendios y/o explosiones.
- Evite trabajar en áreas donde hay recipientes de sustancias inflamables.
- Todos los combustibles y/o productos combustibles deben estar lejos del área de trabajo.
- Los extinguidores de fuego deben estar ubicados cerca, a mano.
- Se deben tomar precauciones especiales durante la soldadura: de recipientes que hayan contenido sustancias inflamables, dentro de recipientes metálicos o en lugares con poca ventilación.



- Estas operaciones deberán realizarse siempre con la presencia de personal calificado que pueda prestar la asistencia necesaria si fuera requerido.
- NUNCA opere en ambientes cuya atmósfera contenga gases inflamables, vapores o combustibles líquidos (como petróleo o sus vapores).

DESCRIPCION

Esta máquina es una fuente compacta, con la tecnología más avanzada diseñada para realizar cortes por plasma y soldadura por arco eléctrico.

ESQUEMA DE CONTROL Y CONEXIÓN



1. Manija de transporte
2. Pantalla LCD
3. LED Indicador de encendido. Se ilumina cuando el dispositivo está encendido (ON).



4. LED Indicador de advertencia. Se ilumina en los siguientes casos:
 Si se excede el modo de funcionamiento nominal o el sobrecalentamiento, el dispositivo deja de funcionar; mientras el ventilador continúa funcionando para enfriarse, una vez que se haya enfriado, el indicador se apagará y el dispositivo estará listo para funcionar nuevamente.
5. Dial de regulación de amperaje
6. Borne negativo “-“
7. Conector para torcha
8. Borne positivo “+“

FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Antes del principio, por favor lea y entienda la sección "Reglas de Seguridad Específicas".

1. Monte el metal para ser cortado a la mesa de trabajo. Debería ser montado de modo que los restos cortantes se caigan al suelo sin dañar ningún elemento.
2. Coloque el Cortador Plasma no más cerca que 2 metros de la pieza de trabajo para ser cortado.
3. Unir una manguera y conector (no suministrado) desde el abastecedor de aire, a la entrada del Regulador de Aire en el reverso de la unidad. La salida de aire debe ser regulada a 65 PSI. El abastecimiento por aire debe ser seco es recomendado instalar un filtro de humedad (no incluido) .
4. Conectar los Cables de la torcha y manguera de salida de aire. Ajústelos correctamente.
5. Conecte el cable de la pinza y ajústelo de manera correcta.
6. Posicione la pinza firmemente a una parte de la pieza de trabajo o mesa metálica, que esté limpia de pintura, petróleo, o suciedad. Esto debe realizarse lo más cercano posible a la pieza de trabajo, para evitar dañar el cable o mangueras de la unidad.
7. Verificar que el Interruptor de Encendido esté apagado, luego conecte el cable de corriente a la salida adecuada.
8. Girar el dial de regulación de amperaje para seleccionar en la pantalla LCD a la corriente deseada.



9. Cuando todo está en el lugar para el corte, presione el Interruptor de encendido. El Indicador de Poder Rojo se enciende, pero la Antorcha no es activada aún.

10. Orientarse a un lado del área para ser cortada, y sostener el protector sobre sus ojos.

11. Sostenga firmemente el mango de Antorcha y presione el gatillo para activar la punta de la Antorcha. La salida de aire es retrasada unos segundos para permitir a un arco apropiado al comenzar.



PRECAUCIÓN: el mango de Antorcha está activado ahora. Esté cauto para no tocar algo más con el mango de Antorcha, excepto la pieza de trabajo a ser cortada.

12. Colocar la punta del mango de Antorcha bastante cerca al punto de partida del corte para crear un arco. Las luces de Indicador de Corte Verdes se encienden. Ligeramente dé un toque al electrodo de la Antorcha en la superficie cortante para encender el arco, luego retírese ligeramente. Si el arco no se enciende dentro de los dos segundos, la unidad entra en modo de reserva. Apriete el Gatillo una vez y libérela para reinicializar el arco.

13. Despacio mueva el mango de Antorcha en un ángulo leve a lo largo de la línea cortante. El aire hace que el metal fundido desaparezca de la pieza de trabajo al ser cortado. Si el recorte apropiado no es conseguido, ajustar el flujo corriente y/o el flujo de aire. Para hacer esto, presione apague la unidad, luego ajuste la corriente y/o la presión de aire. El aire seguirá saliendo del mango de Antorcha durante 30 segundos una vez que el gatillo es liberado. Repita pasos 9 a 12 otra vez.

NOTA: Si demasiada corriente es utilizada por el Cortador Plasma, el Protector de Sobrecarga Térmica se activará. La luz de indicador de Sobrecarga (roja) se encenderá y el Cortador Plasma se apagará hasta que esto se enfríe. La unidad se reinicializará automáticamente.

14. Cuando se termine el corte:

- A. Liberar el mango de Antorcha y levantan el mango de Antorcha de la pieza de trabajo.
- B. Apague la unidad.
- C. Deje el mango de Antorcha en la mesa de trabajo.
- D. Apague el abastecimiento de aire.
- E. Desenchufe la unidad.



MANTENIMIENTO

 **PRECAUCIÓN:** desenchufe siempre la máquina antes de efectuar tareas de mantenimiento. Opere la máquina de acuerdo a las instrucciones o advertencias.

  **NUNCA** dirija el portaelectrodo hacia sí mismo.

  **NO** bata ni cierre el portaelectrodo con herramientas.

  **NO APOYE** la torcha ni su cable sobre piezas calientes.
 El calor provocaría la fusión de las partes aislantes, inutilizándola.

  Antes de efectuar cualquier tipo de tarea de mantenimiento o sustitución de las partes consumibles del portaelectrodo, desconecte el equipo y permita que éste se enfríe.

Compruebe frecuentemente el estado de los cables de la soldadora, sustitúyalos en caso de desgaste excesivo.

1. Antes de cada uso, inspeccione la condición general del Cortador Plasma. Compruebe uniones de cable sueltas, desalineamientos o partes rajadas o rotas, daño del conducto eléctrico, y cualquier otra condición que puede afectar su operación segura. Si el ruido es anormal u ocurre vibración, haga corregir el problema antes del uso adicional. No use el equipo dañado.

2. Periódicamente compruebe de nuevo el ajuste de todas las tuercas, tornillos y bulones.

3. Periódicamente retire el polvo de las aberturas refrescantes, con aire comprimido.

4. Verificar que el ventilador funciona correctamente, antes de cada corte.

5. Si un olor raro viene de la unidad durante la operación, pare todo el uso. Haga inspeccionar el Cortador Plasma y en caso de requerirlo, hágalo reparar por un técnico de servicio calificado.

6. Almacenar al Cortador y accesorios en una posición y lugar limpio y seco.

7. Periódicamente limpie la Cabeza de Antorcha con virutas de acero. Compruebe/Sustituya al Retén, Punta, Anillo de Cerámica y Electrodo.

1. Remueva el Retén y límpielo con virutas de acero. Entonces compruebe grietas y sustituya el Retén si es necesario.

2. Quite la Punta y luego compruebe y sustituya si el agujero está deformado en un 50 % de su tamaño. Compare la vieja Punta contra una nueva. Si el interior de la punta no es limpio y brillante, límpielo con virutas de acero. Asegúrese de quitar cualquier pedazo de sobrante de virutas de acero de la Punta.

3. Comprobar que el centro del Electrodo tiene una profundidad de más de 1/16" (2 mm).

4. Quitar y comprobar el Anillo de Cerámica de grietas y agujeros de lado tapados. Sustituya de ser necesario.

NOTA: el Anillo de Cerámica se posiciona de una forma. El Anillo de Cerámica debe asentar directamente sobre el final el electrodo.

5. Cuidadosamente reensamble las partes en el orden inverso.

NOTA: No sobreajuste las piezas. Esto puede causar deformación en las roscas.



Anexo 41. Procesos de corte en el taller de manufactura – Ing. Automotriz

