

DISEÑO DE OXIDISTRIBUIDORES PARA LA INDUSTRIA DE GASES INDUSTRIALES BAJO LA NORMA BCGA Y EIGA

CRISTIAN DAVID ECHEVERRY RENDÓN

LUIS FERNANDO GONZALEZ CANO

JORGE ELIECER NIÑO BERRIO

Programa académico

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Director(es) del trabajo de grado

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

FACULTAD DE INGENIERÍAS

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

MEDELLÍN-ANTIOQUIA

2016

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

RESUMEN

El proceso de soldadura o de corte por oxiacetilénica involucra gases, los cuales son el oxígeno y el acetileno. Mediante la mezcla de estos se genera una combustión entre ellos permitiendo el proceso de soldadura. Este proceso, se ha realizado por más de 170 años y ha mostrado un buen resultado, pero con poca eficiencia, este proceso se realiza utilizando un equipo llamado, equipo de soldadura por oxiacetileno o corte por oxiacetileno. En este proyecto se realiza un diseño de un equipo llamado oxidistribuidor, con el cual se pretende ofrecer un proceso de soldadura más eficiente y con una gran ventaja sobre los equipos convencionales. Este proyecto tiene como objetivo la creación de un diseño de un oxidistribuidor, con medidas y cálculos que garanticen un rendimiento suficiente del equipo cuando éste necesite entregar su mayor eficiencia en el trabajo. El primer prototipo de este fue diseñado en la compañía CRYOGAS, este fue construido bajo el diseño de un ingeniero de la compañía para garantizar un trabajo efectivo, y con presiones constantes en la salida de cada banco de trabajo. El prototipo diseñado tiene diferentes características frente al construido antes, estas características son el tipo de material utilizado en la base y en la tubería, lo cual es primordial en el momento de realizar cualquier trabajo que se involucre en estos tipos de procesos. En el proyecto se realizan pruebas de resistencia a los materiales que se utilizaron para el desarrollo de este diseño, además se realizaron pruebas al equipo completo. Todo el sistema de entrada y salida de gas tendrá un sistema de válvulas de seguridad, para controlar la presión de los gases, esto con el fin de no afectar ninguno de los bancos de trabajo, esto se hace con el fin de entregar un proceso de soldadura con estándares de calidad que maneja cada proceso de soldadura.

Palabras clave: oxiacetileno, oxidistribuidor, CRYOGAS, resistencia, materiales, prototipo

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

RECONOCIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a Dios por la salud, sabiduría, sus múltiples bendiciones y por permitirnos lograr una de las metas que nos hemos propuesto en la vida, como tener un título profesional, meta que desafortunadamente muchas personas no pueden lograr, no porque no quieran sino por la falta de oportunidades, recursos económicos, entre otros factores.

Agradecemos a nuestras familias, que siempre nos han apoyado en la superación de los obstáculos que se nos han presentado en el transcurso de nuestras vidas y en nuestra carrera profesional.

Agradecemos al profesor Carlos Acevedo; asesor de este proyecto, persona a la cual admiramos por su profesionalismo, entrega, compromiso y pasión; sin su guía no hubiera sido posible el desarrollo de este trabajo.

Agradecemos a cada uno de los profesores del Instituto Tecnológico Metropolitano por los conocimientos y experiencias que han compartido con nosotros. Agradezco también a nuestros compañeros por sus valores y momentos compartidos porque aportaron un granito de arena para que este proyecto fuera posible.

Finalmente, agradecemos a la empresa CRYOGAS grupo Indura porque nos abrieron las puertas para llevar a cabo la realización de este proyecto, además nos prestaron todos los materiales y recursos que necesitamos para hacer posible la realización de pruebas de soldadura y utilización de sus equipos para brindar una mayor confiabilidad del proceso permitiendo así la realización de diferentes tipos de pruebas.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ACRÓNIMOS

Símbolo	Término	Unidad en SI
mm	Milímetros	mm
cm	Centímetros	cm
m	Metro	m
T	Temperatura	°C
Fe	Hierro	Adimensional
$\sigma_1, \sigma_2,$	<p>Esfuerzo normal en las direcciones Circunferencial y longitudinal, Respectivamente. Se supone que Son constantes a través de la pared Del cilindro y que someten el materia a Tensión</p>	Adimensional
P	<p>Presión manométrica interna Desarrollada por el gas o fluido contenido</p>	psi
r	<i>radio interior del cilindro</i>	<i>mm</i>
l	<i>Litros</i>	<i>L</i>
t	espesor de la pared ($r/t \geq 10$)	<i>mm</i>
i, j, k	Coordenadas de los ejes en el plano cartesiano.	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Abreviatura

Término

EIGA	European Industrial Gases Association
BCGA	British Compressed Gases association
NTC	Norma Técnica Colombiana
NFPA	National Fire Protection Association
ISO	International Organization for Standardization
ICONTEC	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificaciones
CAD	Computer-Aided design (Diseño asistido por computador)
ASME	The American Society of Mechanical Engineers
WPS	Welding Procedure Specification
PQR	Procedure Qualification Record
OFW	Oxi Fuel Welding
ASTM	Association for Testing Materials
SFA	Spent Fuel Assemblies
AWS	American Welding Society
CREO 3.0	software de diseño.
CREO SIMULATION 3.0	software para realizar simulaciones
OXIACETILENO	equipo para soldadura o corte por medio de gases.
OXIDISTRIBUIDOR	equipo desarrollado para mejor rendimiento en el proceso de soldadura.
CRYOGAS	compañía de gases.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1.	GENERALIDADES.....	11
1.1.1.	Información de antecedentes.....	12
1.1.2.	Normatividad Vigente.....	12
1.1.3.	Elementos de conformación en el proyecto.....	17
1.2.	OBJETIVOS	18
1.2.1.	General.....	18
1.2.2.	Específicos.....	18
2.	MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.	HISTORIA DE LA SOLDADURA.....	21
2.2.	GASES INDUSTRIALES	21
2.2.1.	Acetileno.	22
2.2.2.	Oxígeno	25
2.3.	OXICORTE	26
2.3.1.	Montaje del oxicorte.....	27
2.4.	ELEMENTOS UNA INSTALACIÓN DE SOLDADURA POR ACETILENO.	28
2.4.1.	Manorreductores.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2.	Soplete	28
2.4.3.	Válvulas anti retroceso	29
2.4.4.	Conducciones.....	29
2.5.	OXIDISTRIBUIDOR.....	29
2.5.1.	Criterios de evaluación del diseño.....	31
2.6.	ASME EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION	15
2.7.	NORMATIVIDAD INTERNACIONAL	¡Error! Marcador no definido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.7.1.	BCGA Acetylene Safety Regulations - SI 2014 No. 1639	15
2.7.2.	EIGA IGC Doc. 13/12/E	17
2.8.	SOFTWARE PARA DISEÑO Y SIMULACIÓN.	38
2.8.1.	Creo parametric 2.0 PTC	38
2.8.2.	Creo Simulation 2.0.....	42
2.9.	MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (FEM)	36
2.10.	ESTADO DEL ARTE.....	46
3.	METODOLOGÍA.....	48
3.1.	ETAPAS	48
3.1.1.	Etapa 1	48
3.1.1.1.	Diseño del conceptual del oxidistribuidor	48
3.1.1.2.	Cálculos para el diseño y realización de pruebas del oxidistribuidor	50
3.1.2.	Etapa 2	53
3.1.3.	Etapa 3	55
3.1.4.	Etapa 4	56
3.1.4.1.	Diseño del oxidistribuidor	60
3.1.4.1.1.	Base del oxidistribuidor.....	57
3.1.4.1.2.	Tubería del oxidistribuidor.	58
3.1.4.1.3.	Llaves de paso.	61
3.1.4.2.	Ensamble del oxidistribuidor.	64
3.1.4.3.	Prueba de FEM.	65
3.1.4.3.1.	Prueba de FEM con temperatura.....	72
3.1.4.3.2.	Prueba de FEM con aplicación de fuerzas.....	73
3.1.4.3.3.	Prueba de FEM con aplicación de mayas.....	74
3.1.5.	Etapa 5	75
3.1.6.	Etapa 6	78
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	80
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	82
	REFERENCIAS	83

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

APÉNDICE.....87

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Cilindro de acetileno con especificaciones propias de CRYOGAS	22
Ilustración 2 Tarjeta de emergencia del acetileno propia de CRYOGAS	23
Ilustración 3 Cilindro de oxígeno con especificaciones propias de CRYOGAS	24
Ilustración 4 Tarjeta de emergencia del Oxígeno propia de CRYOGAS.....	25
Ilustración 5 Elementos principales de una instalación móvil de soldadura por gas.....	28
Ilustración 6 Oxidistribuidor	29
Ilustración 7 Direccionamiento de fuerzas.....	32
Ilustración 8 Coordenadas nodales (i,j,k) y desplazamiento de nodos	36
Ilustración 9 Tabla de consumos de gases según tipo de boquilla.	49
Ilustración 10 Diseño base oxidistribuidor	55
Ilustración 11 Tubería de distribución para oxígeno.....	56
Ilustración 12 Tubería de distribución para acetileno.....	56
Ilustración 13 Diseño del oxidistribuidor en creo 2.0	57
Ilustración 14 Válvula de entrada de gas en el oxidistribuidor	59
Ilustración 15 Válvula de salida de gas.....	60
Ilustración 16 Ensamble del oxidistribuidor.	61
Ilustración 17 Aplicación de fuerzas en la base.....	62
Ilustración 18 Prueba de resistencia a la base utilizando FEA	63
Ilustración 19 Prueba de aplicación de fuerzas a la tubería.....	66
Ilustración 20 Pruebas con exposición de calor usando FEM	68
Ilustración 21 Aplicación de fuerzas en la base.....	69
Ilustración 22 Prueba de malla con FEA	71
Ilustración 23 Procedimiento WPS tubería.	72
Ilustración 24 Procedimiento WPS base	73
Ilustración 25 Diseño de banco de baterías para oxidistribuidor	75

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Índice de tablas.

Tabla 1 Consumo por boquillas referenciado en ilustración 8 **¡Error! Marcador no definido.**

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1. INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Los métodos tradicionales de diseño que las empresas de gases colombianas han utilizado para el desarrollo de la tecnología de oxidistribuidores resultan cuestionables, debido al nivel de incertidumbre respecto al comportamiento hidráulico y mecánico, evaluando su desempeño, seguridad y dando como resultado incapacidad de respuesta ante evaluaciones técnicas y/o acontecimientos catastróficos.

Lo anterior muestra la necesidad de realizar un proceso de diseño metodológico para los elementos usados en gases como son los oxidistribuidores que permita soportar, con argumentos científicamente correctos, condiciones funcionales y operacionales definidas. Permitiendo así la comercialización de un producto con altos estándares de seguridad y desempeño. Otorgándole a la industria de gases local un extra en calidad.

Con el desarrollo de la tecnología se ha podido tener acceso a programas de cómputo los cuales representan una gran herramienta para el desarrollo de nuevos procesos en el ámbito de la simulación, con la cual se brinda seguridad y confiabilidad en el proceso realizado, para nuestro propósito pruebas de comportamiento de temperaturas, presiones, aplicación de fuerzas, y otras pruebas posteriormente nombradas.

En la actualidad existen sinnúmero de empresas cuya finalidad es la manufactura de equipos para gases industriales. La variedad y usabilidad de estos equipos ha crecido a medida que emergen necesidades, tanto de procesos como seguridad de los humanos. Dando entonces respuesta a esta demanda decide innovar el diseño del oxidistribuidor, recolectando así información de la siguiente manera:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.1.1. Información de antecedentes

Caso particular son los denominados “oxidistribuidores” de gases industriales los cuales se usan en la industria metalmecánica en procesos de consumo simultáneo como el oxicorte y la soldadura. Siendo necesario el control adecuado de variables como flujo y presión para disminuir el riesgo generado por la volatilidad del acetileno (Ladino, 2008). En el proceso de acuerdo a la temperatura se puede realizar soldadura de alta, media o baja presión y corte de metales ferrosos de grandes espesores (Limusa, 2001).

A pesar de la usabilidad de los oxidistribuidores, estos han sido concebidos en la industria por parámetros comerciales y de mercado, en lugar de conceptos de diseño mecánico. Por lo que se hace difícil cuantificar el comportamiento de las variables de proceso.

Se encuentra en operación un oxidistribuidor propiedad de CRYOGAS, en el cual se han encontrado falencias como la pérdida de presión en las salidas lo cual afecta los bancos de trabajo, además el peso de este elemento es considerable, para efectos de manipulación y acceso a partes difíciles.

1.1.2. Normatividad Vigente

Las normas para guiar este proyecto son un factor importante para desarrollarlo, tener en cuenta la normatividad ayuda a la seguridad, transparencia y cumplimiento con estándares de calidad. La normatividad en seguridad y montaje de equipos como el oxidistribuidor, debe cumplir con los estándares de calidad, conceptos y demás normas que rigen nuestro territorio

1.1.2.1 NFPA 51, 51^a, 55 y 58

La norma NFPA 51, 51a, 55 y 58, es una recopilación de los numerales de la norma NFPA realizada por CRYOGAS donde se listan muchas normas de seguridad las cuales se tendrán

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

en cuenta para este proyecto. La NFPA es una norma reconocida a nivel mundial como una fuente principal de conocimientos técnicos, los cuales son aplicados para el diseño e instalación de sistemas de corte y soldadura, esto se aplica a partir de aleaciones de oxígeno y gases combustibles. Esta norma tiene el objetivo de minimizar el riesgo de un incendio y/o exposición en sistemas de corte y soldadura con oxígeno y un gas inflamable. Esta norma contiene algunas definiciones sobre el acetileno y sus cuidados, los *manifold* y dispositivos usados en las aplicaciones de soldadura. El alcance de esta normatividad contiene dos aplicaciones de las cuales tiene un estándar que es aplicable en el diseño y la instalación de oxígeno y gas combustible para sistemas de soldadura, además se aplica para áreas de almacenamiento, la norma es aplicable para sistemas simples como un solo cilindro, combustibles gaseosos en los cuales no se utiliza el oxígeno y plantas productoras de gases. Esta norma también hace alusión a las condiciones de almacenamiento, los equipos de protección, mangueras, reguladores, generadores y alimentadores.

El objetivo de la NFPA 51a es “proporcionar los requisitos de seguridad para el diseño, construcciones, e instalaciones de plantas que recargan cilindros de acetileno proporcionado salvaguardas de protección para la planta, los empleados y el público en general”. Se describen más ítems en esta norma, pero por su descripción no serán usados en este proyecto (NFPA, 2008).

Esta recopilación de normas tiene objetivos diferentes por cada uno y diferentes tablas las cuales son aplicadas en los proyectos de realización física de los equipos de soldadura con acetileno, para este proyecto las nombramos y utilizamos materiales de prueba acordes con las tablas que proporciona la norma.

1.1.2.2 NTC 5197

La NTC 5197 es una norma técnica colombiana ratificada por el consejo directivo del instituto Colombiano de Normas Técnicas, tiene el respaldo del Icontec, esta tiene el respaldo del ICONTEC, que rige sobre los cilindros para gas, cilindros transportables para acetileno disuelto, inspección periódica y mantenimiento. Esta norma tuvo una relación

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

con la participación de empresas productoras de gases en Colombia en la cual estuvo incluida CRYOGAS, además de otras empresas de sector público que no producen gases pero hacen uso de acetileno.

La norma tiene como objetivo y campo de aplicación la inspección y mantenimiento en los cilindros soldados, la inspección se realiza en los cilindros que son fabricados en acero o aleaciones de aluminio, se tiene también una revisión del manejo y su transporte con acetileno para los cilindros que tiene una capacidad de agua hasta 150 L. Todo esto lo realizan independientemente del método de fabricación de la coraza.

Esta norma tuvo en cuenta ciertas referencias normativas como son ISO y NTC las cuales están relacionadas con cilindros de acetileno, transporte de cilindros y cilindros para gases. En la norma se definen los cilindros, el acetileno, el personal quien debe hacer utilización del gas, la fabricación de la coraza del cilindro, además de la masa porosa la cual es el material introducido y formado dentro del cilindro, que evita la pérdida del acetileno debido a su porosidad, en la norma hay otras diez definiciones las cuales tiene importancia pero no relevantes este proyecto.

En el mantenimiento de los cilindros de acetileno se debe tener en cuenta el intervalo entre inspecciones al cual se deben someter los cilindros, también un modelo de regulaciones y reglamentos que exige la ONU el cual esta descrito en el anexo A de esta norma, la preparación de los cilindros de gas está constituida por cuatro pasos los cuales son eliminación del gas, preparación para la inspección visual externa, retiro de la válvula, retiro de los filtros del cuello y/o canal central (NTC 5197, 2003)

En busca de la seguridad y los criterios que se deben tener para realizar este tipo de proyectos se hace referencia al desarrollo de un proceso de diseño mecánico para la consecución de oxidistribuidor con criterios que se encuentran en la BCGA y EIGA. (BCGA, 1966) (EIGA, 2015), Dando con esto así más vigor a nuestro prototipo de diseño.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.1. ASME EUROPEAN INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION

Se toma como referencia esta asociación ya que ofrece una gran variedad de artículos sobre procesos de soldadura oxiacetilénica, diseños para procesos soldadura, seguridad en la manipulación y transporte de los gases, información sobre conferencias y eventos que se realizan durante todo el año sobre los procesos donde están involucrados los gases industriales tales como el oxígeno y acetileno.

Se referencia a un artículo (EIGA, 2015) sobre el diseño seguro e instalación y operación de las válvulas de seguridad para gases especiales, este tiene en su contenido el manejo del acetileno y oxígeno, mantenimiento de los equipos contenedores de los gases, la normatividad para la seguridad en equipos completos de oxiacetileno. La información contenida en esta publicación hace referencia a válvulas que soportan bajas y altas temperaturas, haciendo enfoque entonces al comportamiento que presenta el oxígeno, además muestra la presentación de cómo se separan las unidades con aires en diferentes aplicaciones.

1.1.1. BCGA Acetylene Safety Regulations - SI 2014 No. 1639

La Asociación de Gases Comprimidos Británica BCGS es una asociación sin fines de lucro comercial, que representa a más de 70 empresas asociadas. Vigila el desarrollo seguro de la tecnología que en la industria de los gases se implementa (BCGA, 1971).

La BCGA (Acetylene Safety Regulations - SI 2014 No. 1639)

Se tomaron referencias de seguridad de la BCGA contenidos de los casos más destacados que ayudan a la seguridad de trabajo con la soldadura oxiacetilénica, estas para implementarlas en la seguridad que se debe tener en las simulaciones y futura

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

construcción de un prototipo del diseño del proyecto, se tendrán en cuenta las siguientes precauciones :

1.1.1.1. Cilindros en fuego

Donde se tienen casos ocurridos que involucraron cilindros de acetileno, los cuales son más usados alrededor del mundo para el proceso de la soldadura o corte ya que son más comunes. Este documento también hace referencia entonces también al almacenamiento y transporte de este gas. Este es un producto que lleva más de 160 años en el mercado y todavía continúa teniendo desarrollos e investigaciones sobre los cilindros contenedores después de su vida útil.

1.1.1.2. Problemas con el entorno

La minimización de los problemas presentados en la industria tiene algunos efectos sobre las fuentes naturales, además de esto, se tienen en cuenta los futuros problemas en la salud de los operarios de esta mezcla. En este documento también se exponen temas de eficiencia de energía para contribuir con la protección del medio ambiente. Los residuos tales como desechos después del proceso o vida final de los cilindros, se propone y en algunos países se normaliza como responsabilidad de los proveedores, ofreciendo una guía y una educación en reciclaje y la realización de estos desperdicios.

1.1.1.3. Problemas con la soldadura

Este es un proceso con alto índice de peligrosidad, pero altamente requerido en la industria manufacturera, por ende se debe tener como un proceso con un factor de seguridad alto en cuanto el manejo, además se debe realizar con personas capacitadas o brindarle la capacitación requerida para cada trabajo, también se debe contar con

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

personal que siga las normas y haga buen uso del respectivo instructivo para realizar los procesos de soldadura.

1.1.2. EIGA IGC Doc. 13/12/E

La asociación industrial europea de gases (EIGA) es una organización técnica orientada a la seguridad y que presenta un amplio número de compañías europeas y no europeas productoras y distribuidoras de gases industriales, medicinales y para alimentos.

La EIGA cuenta con estándares relacionados con la producción, transporte, almacenamiento y aplicación para alcanzar el más alto nivel de seguridad y cuidado ambiental en el manejo de gases.

La EIGA IGC Doc. 13/12/ E establece criterios y métodos de diseño para el desarrollo de componentes y redes que operan con oxígeno gaseoso y licuado, siendo esta entonces una parte fundamental del proyecto, esta fue antes mencionada.

1.1.3. Elementos de conformación en el proyecto

Para la consecución de este proyecto se planteó una necesidad que requiere la industria con un equipo para los procesos de soldadura, con la ayuda del software CREO 3.0 donde se inicializo la idea del diseño de un oxidistribuidor el cual es un distribuidor de oxígeno y acetileno, del cual se desprenden seis puestos de trabajo.

La alimentación de este se realizará con oxígeno y acetileno, entonces se efectuaron consultas sobre el comportamiento que generan los gases al ser consumidos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Se realiza la consecución de un software en el cual se puedan realizar operaciones de métodos finitos(FEM), los cuales entregan resultados de las máximos y mínimos en diferentes variables que se pueden aplicar al oxidistribuidor, esto conlleva también a realizar estudios de cuál es el material más apropiado para realizar este oxidistribuidor.

Incluimos normas nacionales e internacionales en nuestro proceso para hacer los procesos de soldadura con estándares de calidad. Estas normas se estudian también con el fin de tener seguridad en la utilización de gases, las fichas técnicas de los gases son importantes en todos los procesos y se integran las tablas de los procesos que se realizaran con este tipo de soldadura.

La compañía CRYOGAS grupo Indura realizó un gran aporte al desarrollo de este proyecto ya que las pruebas físicas se realizaron con el oxidistribuidor que se construyó como propiedad de ellos, y con su ayuda fue posible obtener los recursos de seguridad y muchas normas para hacer este proyecto posible.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Diseñar un oxidistribuidor para la industria de gases industriales bajo la norma BCGA y EIGA.

1.2.2. Específicos.

- 1.2.2.1. Realizar el diseño conceptual de un oxidistribuidor donde se evalúan las ventajas y desventajas del proyecto.
- 1.2.2.2. Determinar los estados de carga de la estructura principal empleando métodos analíticos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- 1.2.2.3. Realizar simulaciones computacionales usando el método de los elementos finitos (FEA) para componentes de manufactura nacional.
- 1.2.2.4. Establecer criterios de selección de accesorios hidráulicos del oxidistribuidor.
- 1.2.2.5. Crear procedimientos de soldadura (WPS) adecuados para la construcción del oxidistribuidor.
- 1.2.2.6. Evaluar la seguridad del diseño del oxidistribuidor batería según las normas vigentes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2 MARCO TEÓRICO

Se busca desarrollar un equipo para el manejo de soldadura que provea un proceso seguro, confiable y estable, que a su vez tenga una gran acogida en la industria, dado que el objetivo de la investigación será reflejado en el proceso final de la soldadura, en este punto se plantean las diferentes teorías de soldadura acetilénica aplicables al equipo de oxidistribuidores y una revisión de los riesgos ocupacionales presentes en dicha labor. Así mismo busca constituirse en soporte conceptual para el abordaje de la problemática de los riesgos presentes en el desarrollo de procesos de soldadura y sus operadores. Para realizar el diseño del oxidistribuidor se realizan los cálculos de las áreas, consumos de gases y demás variables que intervendrán en el proceso del diseño y simulaciones, estos son tomados en cuenta para hacer un diseño y simulación objetiva del proyecto.

El proyecto se realiza mediante el uso de CREO 3.0 y CREO SIMULATION 3.0, además de tablas de información de consumo en equipos de acetileno, lo cual es muy importante para referenciarlos y poder realizar los cálculos, de la capacidad de los recipientes de oxígeno y acetileno en el oxidistribuidor, con estos cálculos se pretende buscar mayor efectividad

Actualmente CRYOGAS tiene el prototipo del oxidistribuidor, el cual no cuenta con la tecnología ni el tiempo de investigación necesario para brindar una alta confiabilidad y hacer que estos equipos sean altamente eficientes y seguros.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.3. HISTORIA DE LA SOLDADURA

La soldadura puede trazar un desarrollo en la historia. Los primeros ejemplos de la soldadura se mostraron durante la era de bronce, los egipcios y las personas del oriente mediterráneo aprendieron a soldar piezas de hierro. Durante la edad media el arte del herraje fue desarrollado y muchas herramientas fueron construidas por soldadura mediante martillazos que permitían la unión del metal. Diferentes piezas fueron encontradas, las cuales fueron soldadas hace más de 1000 millones de años D.C. En el siglo XVIII se introduce la soldadura por oxicorte como un método para innumerables aplicaciones industriales especialmente para piezas de espesor considerable que permitirían el desarrollo de la industria naval a lo que se conoce en la época actual y el avance industrial de la sociedad. (Hobart, 2006)

Desde entonces la ingeniería ha creado estándares que permiten controlar y manipular, de manera eficiente y segura, las variables termo-fluidicas relacionadas con el comportamiento de los gases involucrados en procesos de soldadura (temperatura, densidad, presión, caudal, entre otras). El incumplimiento de los estándares establecidos lleva al mal funcionamiento e incluso fallas catastróficas de los equipos que intervienen en los procesos donde los gases son usados. Hecho que puede devenir en tragedias y pérdidas humanas. (Miller, 1995)

1.4. GASES INDUSTRIALES

Los gases industriales son aquellos gases obtenidos del aire los cuales son comercializados para usos en diversas aplicaciones de la industria, se utilizan en procesos como fabricación de aceros, aplicaciones médicas, soldaduras, industria de semiconductores, metalurgia, entre otras.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Los gases industriales se obtienen del aire por medio de una síntesis química o separación y se comercializan en estado comprimido líquido. Algunos gases industriales son: Acetileno, dióxido de carbono, monóxido de carbono, cloro, hidrogeno, cloruro de hidrogeno, propano, oxigeno, nitrógeno, argón (Gases industriales, 2009). Para la realización de este trabajo con un enfoque en el proceso de soldadura oxiacetilénica y oxicorte hay dos gases fundamentales:

1.4.1. Acetileno

El acetileno por su capacidad inflamable es el más utilizado en los procesos de oxicorte. El Acetileno es un gas compuesto por Carbono e Hidrógeno (12/1 aprox. en peso). En condiciones normales es un gas un poco más liviano que el aire, incoloro. El Acetileno 100% puro es inodoro, pero el gas de uso comercial tiene un olor característico, semejante al ajo. No es un gas tóxico ni corrosivo. Es muy inflamable. Arde en el aire con llama luminosa, humeante y de alta temperatura. Los límites inferior y superior de inflamabilidad son 2.8 y 93% en volumen de Acetileno en Aire. (INFRASAL, 2015).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	



ILUSTRACIÓN 1. CILINDRO DE ACETILENO CON ESPECIFICACIONES PROPIAS DE CRYOGAS

FUENTE: (CRYOGAS DISTRITO SABANETA, 2016)

Como agente calorífico es un combustible de alto rendimiento, utilizado en las aplicaciones oxiacetilénicas. Las temperaturas alcanzadas por esta mezcla varían según la relación Acetileno-Oxígeno, pudiendo llegar a más de 3000°C (ver ilustración 2). En la industria química, por su gran reactividad, es utilizado en síntesis de muchos productos orgánicos. (INFRASAL, 2015)

CRYOGAS
Grupo INDURA

Tarjeta de Emergencia

Sección 1. Identificación del producto		Clase:
Sustancia:		
ACETILENO (C₂H₂)		
		UN 1001
		NTC 1997
		ISO 6712
Color Cilindro: Rojo		
Valvula: CGA 510		Tel. de emergencia 01 8000 514300 Medellin: 3736950
Propiedades Fisicas y Quimicas	Otras Propiedades	
Estado Físico	Gas	Solubilidad en agua: 15,6°C, 1.1 vol/vol
Concentración	98.5%	Limite Permisible Ponderado: LPP: 750 ppm, LPA: 1000 ppm
Temperatura de Autoignición	305°C	Apariencia y olor: Incoloro Olor parecido al Eter.
Presión de vapor a 20 °C (psia)	635	Densidad a 20°C a 1 atm: 0,906 Kg.m ⁻³
Sección 2. Identificación de Peligros	Sección 3. Control de exposición y protección personal	Sección 4. Estabilidad y reactividad
Gas asfixiante, puede causar efectos anestésicos en altas concentraciones, los efectos de la asfixia puede ser desde simples mareos, dolor de cabeza, vómitos, pérdida de conocimiento, coma y muerte. El contacto con DMF (Dimetil Formamida) puede causar irritación y dermatitis luego de varias exposiciones. El contacto con los ojos puede causar irritación temporal. Los cilindros pueden explotar al ser calentados. Altamente inestable, sensible a los golpes, en estado líquido no permitir que la presión de salida sea superior a los 15 psig. Forma fácilmente mezclas explosivas con el aire.	Se debe evitar exposición al fuego y filtraciones. Mantener siempre el contenedor en posición vertical. Los contenedores no deben ser amarrados en el suelo. El cilindro no debe recibir impactos ni pinchazos de arcos eléctricos ni cualquier tipo de ensuciado. No permita que los cilindros almacenados superen los 52° C. Use solo en áreas ventiladas. No caliente el cilindro para incrementar la descarga del producto. esto debe incluir el uso de los E.P.P. adecuados: <ul style="list-style-type: none"> - Lentes de seguridad. - Careta de protección facial. - Guantes y delantal criogénicos. - Zapatos de seguridad 	Inestable – sensible a golpes en el estado líquido. No permita que el gas libre (fuera del cilindro) exceda 15 psig. No exponga los cilindros a golpes súbitos o al calor. El acetileno se descompondrá violentamente con falla del cilindro. El acetileno se descompone a alta presión, en sus elementos constituyentes de carbono e hidrógeno. Se puede producir monóxido de carbono al quemarlo. Bajo ciertas condiciones, el acetileno forma compuestos de acetiluro fácilmente explosivos, al entrar en contacto con cobre, mercurio y plata. En consecuencia, el uso de acetileno y estos metales, o de sus sales, compuestos y aleaciones de altas concentraciones debe evitarse.
Sección 5. Medidas de primeros auxilios	Sección 6. Medidas para la extinción de incendios	Sección 7. Medidas en caso de vertido accidental
En caso de inhalación, requerir asistencia médica inmediata, la cual será obligatoria en todos los casos de sobreexposición. El acetileno no es tóxico, pero si suficiente y podrá provocar la pérdida del conocimiento y mareo por asfixia, sacar inmediatamente a la víctima a un área no contaminada. Si la respiración se hace débil o se detiene, aplicar respiración artificial con administración simultánea de oxígeno. Llame ambulancia, mantener a la víctima en reposo y templado. Contactos con la piel, el contacto con el acetileno líquido puede causar irritación y dermatitis, luego de repetidas exposiciones. El contacto de la acetileno líquida con los ojos puede causar irritación temporal, no es conocido el efecto con el gas a temperatura ambiente.	El gas puede viajar desde una fuente de ignición y provocar un retroceso de la llama. Si la llama es pequeña desde el vistado de la válvula. Intente sacarlo. Si la combustión se mantiene es probable que el fusible ceda y origine una gran descarga de acetileno. Un guante, ropa pesada, o cualquier material sobre la llama la extinguirá. Si la llama es grande combustionando desde el porte fusible, NO trate de sacarlo a un área ventilada. Usualmente es muy difícil extinguir las llamas grandes porque se reencienden con fuentes de ignición adyacentes. Mantener los cilindros fríos con agua	En caso de fuga desalojar a todo el personal desde el área afectada. Aislar el área alrededor de 800 mts. en todas las direcciones en caso de un tanque, en caso de tren o camión cisterna, use equipo de protección adecuado. Si es posible cuidadosamente, apagar las vías de ignición y detener la fuga, mediante el cierre de válvulas. Los cilindros pueden ser removidos cuando estén almacenados con otros gases comprimidos y sustancias peligrosas altamente inflamables o donde la protección de edificios es difícil y la expansión del fuego puede provocar pérdidas mayores de vidas y propiedad.

Cryolinea 01 8000 514300 • www.cryogas.com.co

Ilustración 2. Tarjeta de emergencia

Cryogas, (2016). *intranet corporativa*.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.4.2. Oxígeno

El Oxígeno es el gas que hace posible la vida y es indispensable para la combustión, constituye más de un quinto de la atmósfera (21% en volumen, 23% en peso). Este gas es incoloro, inodoro y no tiene sabor. A presión atmosférica y temperaturas inferiores a -183°C , es un líquido ligeramente azulado, un poco más pesado que el agua. Todos los elementos (salvo los gases inertes) se combinan directamente con él, usualmente para formar óxidos, reacción que varía en intensidad con la temperatura. (AIR LIQUIDE. 2013).



ILUSTRACIÓN 3. CILINDRO DE OXIGENO CON ESPECIFICACIONES PROPIAS DE CRYOGAS

FUENTE: (CRYOGAS DISTRITO SABANETA, 2016)

El Oxígeno gaseoso, por sus propiedades comburentes, es usado en procesos de combustión para obtener mayores temperaturas. En mezclas con Acetileno u otros gases combustibles, es utilizado en soldadura y corte de metales. Por sus propiedades oxidantes, es utilizado en diversas aplicaciones en siderurgia, industria papelera, electrónica y química. (INFRASAL, 2015)

CRYOGAS
Grupo INDURA

Tarjeta de Emergencia

Sección 1. Identificación del producto Clase: Sustancia: ACETILENO (C₂H₂)		 UN 1001 NTC 1997 ISO 6712	
Color Cilindro: Rojo Válvula: CGA 510		GAS INFLAMABLE	
Propiedades Físicas y Químicas Estado Físico: Gas Concentración: 98.5% Temperatura de Autoignición: 305°C Presión de vapor a 20 °C (psia): 635		Otras Propiedades Solubilidad en agua: 15,6°C, 1.1 vol/vol Límite Permissible Ponderado: LPP: 750 ppm, LPA: 1000 ppm Apariencia y olor: Incoloro Olor parecido al Eter. Densidad a 20°C a 1 atm: 0,906 Kg/m ³	
Sección 2. Identificación de Peligros Gas asfixiante, puede causar efectos anestésicos en altas concentraciones, los efectos de la asfixia pueden ser desde simples mareos, dolor de cabeza, vómitos, pérdida de conocimiento, coma y muerte. El contacto con DMF (Dimetil Formamida) puede causar irritación y dermatitis luego de varias exposiciones. El contacto con los ojos puede causar irritación temporal. Los cilindros pueden ampliarse al ser calentados. Almacene inerte, sensible a los golpes, en estado líquido no permitir que la presión de salida sea superior a los 15 psig. Forma fácilmente mezclas explosivas con el aire.		Sección 3. Control de exposición y protección personal Se debe evitar exposición al fuego y filtraciones. Mantener siempre el contenedor en posición vertical. Los contenedores no deben ser arrastrados en el suelo. El cilindro no debe recibir impactos ni pinchazos de arcos eléctricos ni cualquier tipo de ensillado. No permita que los cilindros almacenados superen los 52° C. Use solo en áreas ventiladas. No caliente el cilindro para incrementar la descarga del producto. esto debe incluir el uso de los EPP adecuados: - Lentes de seguridad. - Careta de protección facial. - Guantes y delantal criogénicos. - Zapatos de seguridad	
Sección 5. Medidas de primeros auxilios En caso de inhalación, requirir asistencia médica inmediata, la cual será obligatoria en todos los casos de subexposición. El acetileno no es tóxico, pero al asfixiante y puede provocar la pérdida del conocimiento y muerte por asfixia, sacar inmediatamente a la víctima a un área no contaminada. Si la respiración se hace débil o se detiene, aplicar respiración artificial con administración simultánea de oxígeno. Usar mascarilla, mantener a la víctima en reposo y templado. Contacto con la piel, el contacto con el acetileno líquido puede causar irritación y dermatitis, luego de repetidas exposiciones. El contacto de la acetileno líquida con los ojos puede causar irritación temporal, no es conocido el efecto con el gas a temperatura ambiente.		Sección 4. Estabilidad y reactividad Inestable - sensible a golpes en el estado líquido. No permita que el gas libre (fuera del cilindro) exceda 15 psig. No exponga los cilindros a golpes súbitos o al calor. El acetileno se descompondrá violentamente con falla del cilindro. El acetileno se descompone a alta presión, en sus elementos constituyentes de carbono e hidrógeno. Se puede producir monóxido de carbono al quemarlo. Bajo ciertas condiciones, el acetileno forma compuestos de acetileno fácilmente explosivos, al entrar en contacto con cobre, mercurio y plata. En consecuencia, el uso de acetileno y estos metales, o de sus sales, compuestos y aleaciones de altas concentraciones debe evitarse.	
Sección 6. Medidas para la extinción de incendios El gas puede viajar desde una fuente de ignición y provocar un retroceso de la llama. Si la llama es pequeña desde el vástago de la válvula, intentar sacarlo. Si la combustión se mantiene es probable que el flexible ceda y origine una gran descarga de acetileno. Un guante, ropa pesada, o cualquier material sobre la llama se extinguirá. Si la llama es grande comburiéndose desde el porta flexible, NO trate de sacarlo a un área ventilada. Usualmente es muy difícil extinguir las llamas grandes porque se reencendrán con fuentes de ignición adyacentes. Mantener los cilindros fríos con agua		Sección 7. Medidas en caso de vertido accidental En caso de fuga desarrollar a todo el personal desde el área afectada. Aislar el área alrededor de 800 mts en todas las direcciones en caso de un temblor, en caso de tren o camión sistema, use equipo de protección adecuado. Si es posible cuidadosamente, apagar las vías de ignición y detener la fuga, mediante el cierre de válvulas. Los cilindros pueden ser removidos cuando están almacenados con otros gases comprimidos y sustancias peligrosas altamente inflamables o donde la protección de edificios es difícil y la expansión del fuego puede provocar pérdidas mayores de vidas y propiedad.	

Cryolinea 01 8000 514300 • www.cryogas.com.co

Ilustración 4. Tarjeta de emergencia
 Cryogas, (2016). *intranet corporativa*.

1.5. OXICORTE

El oxicorte consta de dos etapas: en la primera, el acero se calienta a alta temperatura (900 °C) con la llama producida por el oxígeno y un gas combustible; en la segunda, una corriente de oxígeno corta el metal y elimina los óxidos de hierro producidos. (Limusa, 2001).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

En este proceso se utiliza un gas combustible cualquiera (acetileno, hidrógeno, propano, hulla, tetreno o crileno), cuyo efecto es producir una llama para calentar el material, mientras que como gas comburente siempre ha de utilizarse oxígeno a fin de causar la oxidación necesaria para el proceso de corte. Bien sea en una única cabeza o por separado, todo soplete cortador requiere de dos conductos: A través del cual circule el gas de la llama calefactora (acetileno u otro) y uno para el corte (oxígeno). El soplete de oxicorte calienta el acero con su llama carburante, y a la apertura de la válvula de oxígeno provoca una reacción con el hierro de la zona afectada que lo transforma en óxido férrico (Fe₂O₃), que se derrite en forma de chispas al ser su temperatura de fusión inferior a la del acero. (Limusa, 2001).

1.5.1. Montaje del oxicorte

Para el proceso de oxicorte se dispone de dos botellas móviles que contienen el combustible y el comburente, los elementos principales que intervienen en el proceso de soldadura oxiacetilénica son los manorreductores, el soplete, las válvulas anti retroceso y las mangueras. (Ver ilustración 5).

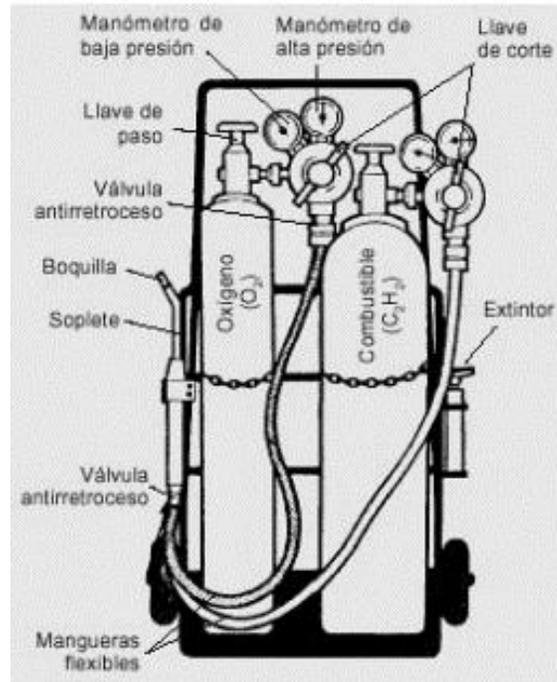


ILUSTRACIÓN 5. ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN MÓVIL DE SOLDADURA POR GAS

FUENTE: (CONSTRU SUR, 2013)

1.6. ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN DE SOLDADURA POR ACETILENO

1.6.1. Soplete

Es el elemento de la instalación que efectúa la mezcla de gases. Pueden ser de alta presión en el que la presión de ambos gases es la misma, o de baja presión en el que el oxígeno (comburente) tiene una presión mayor que el acetileno (combustible). Las partes principales del soplete son las dos conexiones con las mangueras, dos llaves de regulación, el inyector, la cámara de mezcla y la boquilla. (Constru Sur, 2013)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.6.2. Válvulas anti retroceso

Son dispositivos de seguridad instalados en las conducciones y que sólo permiten el paso de gas en un sentido impidiendo, por tanto, que la llama pueda retroceder. Están formadas por una envolvente, un cuerpo metálico, una válvula de retención y una válvula de seguridad contra sobrepresiones. Puede haber más de una por conducción en función de su longitud y geometría (Constru Sur, 2013).

1.6.3. Conducciones

Las conducciones sirven para conducir los gases desde las botellas hasta el soplete. Pueden ser rígidas o flexibles (Constru Sur, 2013)

1.7. OXIDISTRIBUIDOR

Un oxidistribuidor es un equipo que permite la salida homogénea de los gases que contiene oxígeno y acetileno. Un prototipo del oxidistribuidor (ver ilustración 6) fue construido por la compañía CRYOGAS. La elaboración del oxidistribuidor consta de una base de hierro la cual soporta dos contenedores de acero, ubicados paralelos al suelo los cuales sirven para almacenar oxígeno y acetileno. Estos se encuentran a una distancia de 0.10 y 0.50 m, respectivamente del suelo. (Puede verse en la ilustración 6) el recipiente verde que contiene oxígeno y el amarillo acetileno). Cada contenedor tiene seis salidas y una entrada de gas, estas están protegidas por válvulas tipo bola de seguridad fabricada en acero. Los diámetros de cada uno de los seis tubos que facilitan la salida de gas son más pequeños con respecto al diámetro de la entrada. El oxidistribuidor tiene como finalidad la operación simultánea de seis puestos de trabajo para corte o soldadura

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

oxiacetilénica. Con este equipo ocurre una mayor optimización en el proceso de soldadura en lugares de trabajo con alimentación de gas fija o móvil.

Con este equipo la compañía CRYOGAS, incursiono en el mercado de la industria manufacturera, brindando una solución a las necesidades de presión y flujo homogéneo en varios puestos de trabajo y lograr soldadura de buena calidad simultáneamente. En las aplicaciones móviles del oxidistribuidor para procesos industriales de altos de niveles de consumo, este se alimenta con una batería de cilindros la cual consta, de 12 cilindros conectados en paralelo para poder hacer uso efectivo del oxidistribuidor.

En las aplicaciones fijas del oxidistribuidor, la conexión se realiza directamente a una línea de alimentación para cada uno de los gases, la cual es provista por la compañía que esté haciendo uso del oxidistribuidor.



ILUSTRACIÓN 6. OXIDISTRIBUIDOR

FUENTE:(CRYOGAS S.A, 2012)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.7.1. Criterios de referencia del diseño

Para el diseño del oxidistribuidor se emplearon como criterios de referencia la respectiva normatividad nacional e internacional, estas normas son la NTC 5197 y NFPA 55. Estas dos normas entregan una guía sobre el manejo, seguridad y transporte que involucran los cilindros de oxígeno y acetileno; así como los materiales sugeridos a utilizar para un funcionamiento seguro de estos dos cilindros; también se menciona cuáles son las válvulas para los cilindros, la disposición de los equipos para tener un proceso efectivo.

En los contenedores se aplica la teoría recipientes de presión de pared delgada enunciada por R. C. Hibbeler (2006, p 423).

“los recipientes cilíndricos o esféricos que sirven como calderas o tanques son de uso común en la industria. Cuando se someten a presión, el material del que están hechos soporta una carga desde todas las direcciones”. Si bien este es el caso que estudiaremos aquí, el recipiente puede ser analizado de manera simple siempre que tenga una pared delgada. En general “**pared delgada**” se refiere a un recipiente con una relación de radio interior a espesor de pared de 10 o más ($r/t \geq 10$). Específicamente, cuando $r/t=10$, los resultados de un análisis de pared delgada predicen un esfuerzo que es casi 4% menor que el esfuerzo máximo real en el recipiente. Para razones r/t mayores, este error será aún menor. Hibbeler (2006, p 423).

Cuando la pared del recipiente es “delgada”, la distribución del esfuerzo a través de su espesor t no varía de manera significativa, y por lo tanto se supondrá que es *uniforme* o *constante*. Con esta suposición, se analizará ahora el estado de esfuerzo en recipientes de presión cilíndricos y esféricos de pared delgada. En ambos casos se entiende que la presión dentro del recipiente es la *presión manométrica*, ya que se mide la presión *por encima* de la presión atmosférica, la que se supone existe tanto en el interior como en el exterior de la pared del recipiente”. (Hibbeler, 2006, p 423)

Hibbeler, (2006) afirma que los cilindros que se usan en este proyecto son :

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

“**Recipientes cilíndricos.** Considere que el recipiente cilíndrico tiene un espesor de pared t y un radio interior r como se muestra en la (ilustración 7). Dentro del recipiente, a causa de un gas o fluido de peso insignificante, se desarrolla una presión manométrica p debido a la uniformidad de esta carga, un elemento del recipiente suficientemente alejado del extremo y orientado como se muestra, está sometido a los esfuerzos normales σ_1 en la dirección anular o circunferencial y σ_2 en la dirección longitudinal o axial. Estas dos componentes de esfuerzo ejercen tensión sobre el material. Queremos determinar la magnitud de cada una de esas componentes en términos de la geometría del recipiente y de la presión interna. Para hacer esto, usamos el método de las secciones y aplicamos las ecuaciones de equilibrio de fuerzas.

Para el esfuerzo anular, considere que el recipiente es seccionado por los planos a , b y c . En la ilustración 7 se muestra un diagrama de cuerpo libre del segmento posterior junto con el gas o fluido que contiene. Allí se muestran solo las cargas en la dirección x . Estas cargas se desarrollan por el esfuerzo circunferencial uniforme σ_1 , que actúa a través de la pared del recipiente y la presión que actúa sobre la cara vertical del gas o fluido seleccionado.” (Hibbeler, 2006, p 225).

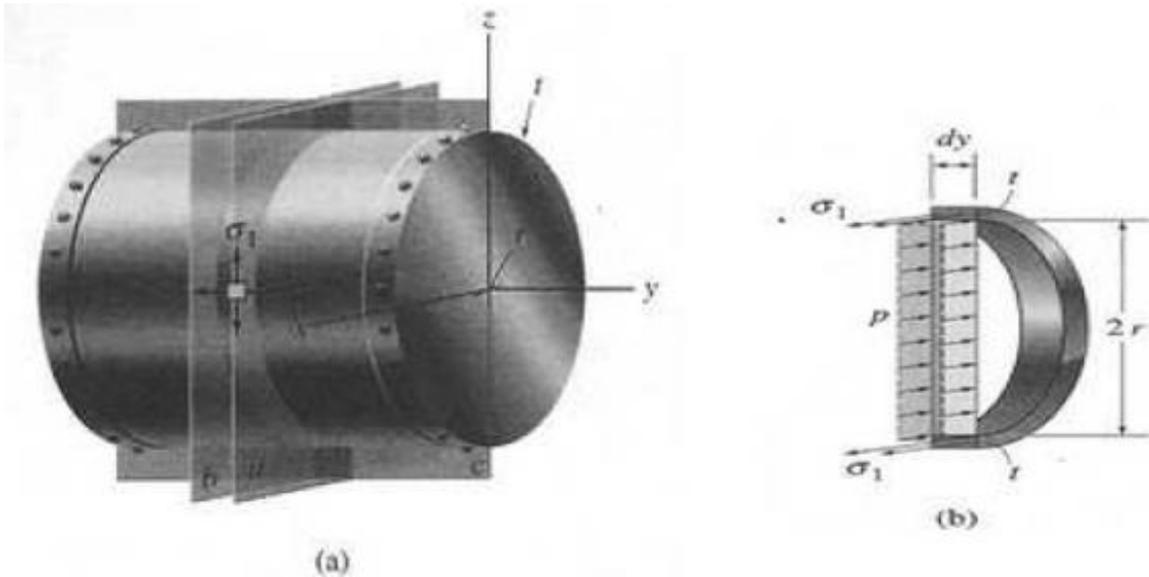


ILUSTRACIÓN 7. DIRECCIONAMIENTO DE FUERZAS PARA FIGURA 8 EXPLICACIÓN HIBBELER.

FUENTE: (HIBBELER, 2015)

Para el desarrollo de problemas de recipientes de presión de pared delgada se tienen las siguientes ecuaciones: la ecuación (1) se muestra la sumatoria de fuerzas en x, con la cual se da paso a una sumatoria de fuerzas representadas en a la ecuación (2), después de despejar esta ecuación, se da paso a la ecuación (3) para determinar esfuerzos normales:

Sumatoria de fuerzas en x: $\sum f_x$

Sumatoria de fuerzas representadas: $2[\sigma_1(t dy)] - p(2r dy) = 0$, donde "σ" es el esfuerzo.

Esfuerzos normales: σ_1

$$\sum f_x = 0 \quad (1)$$

$$2[\sigma_1(t dy)] - p(2r dy) = 0 \quad (2)$$

$$\sigma_1 = \frac{Pr}{t} \quad (3)$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tenemos para el hallazgo del esfuerzo longitudinal σ_2 , la realización de la sumatoria de fuerzas en y las cuales se muestran en la ecuación (4), de igual manera se desprende una ecuación (5) la cual tiene las sumatorias de las fuerzas en la figura (b) de la ilustración 5. Después para obtener el esfuerzo longitudinal utilizamos la ecuación (6).

$$\sum f_y = 0 \quad (4)$$

$$\sigma_2(2 \pi r t) - p(\pi r^2) = 0 \quad (5)$$

$$\sigma_2 = \frac{Pr}{2t} \quad (6)$$

Mientras que para la verificación del cumplimiento de esfuerzos y evaluación mecánica y de fluidos de los componentes se empleara la metodología de diseño computacional FEA (Finite Elements Analysis) en el cual se analizan fuerzas realizadas el oxidistribuidor, tolerancias de temperatura, mallas en el cual se verá reflejado en CREO SIMULATION 3.0, con estos análisis de verificación, se da una mayor vigorosidad al proyecto ya que este podrá mostrarnos con cifras de resistencia los puntos más críticos que serán enfrentados en el momento de realizar el proyecto en un nuevo prototipo.

Este diseño del oxidistribuidor contó con la evaluación, guía y soporte técnico de la experiencia de un grupo de ingenieros y técnicos, con los cuales cuenta la compañía CRYOGAS, siendo esto un gran aporte al diseño, tomando la experiencia que tienen ellos en el manejo de este tipo de soldadura y la tendencia a mejorar los procesos que contienen este. Las reformas en las medidas de diámetros en la tubería, altura y longitud del oxidistribuidor se tomaron en cuenta como criterio ingenieril para entregar una mayor eficiencia, comodidad y lograr mayor eficacia del proyecto, este se determinó con el grupo de trabajo mencionado y desarrolladores del proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Con el ánimo de lograr una calificación bajo las normas vigentes en Colombia a este diseño, se realiza una evaluación a los resultados en las simulaciones que se generan, logrando así una semejanza más real con la experiencia basada en el diseño original (Ver ilustración 6) para el diseño, con el fin de mejorar en los aspectos técnicos fundamentales, para que garantice un mayor rendimiento y seguridad en el momento de la construcción de este diseño.

1.8. FEA Finite Elements Analysis

El significado del idioma inglés análisis finito de elementos, este es un método que creció en la industria aeroespacial, en la post segunda guerra mundial, ayudo al desarrollo de los misiles y los aviones, este también creció con la necesidad de tener medidas sobre estructuras de peso ligero, además del requerimiento del análisis de cargas, y también este desarrollo de método de análisis ayudo al crecimiento de los equipos computacionales.

Es un método numérico para resolver problemas de ingeniería y física matemática, este programa es muy usado para resolver problemas con geometrías complicadas, cargas y propiedades de materiales, este método utiliza donde las soluciones analíticas no pueden ser obtenidas (Tura y Dong, 2014).

El propósito de FEA es dar una solución analítica, lo cual toma como propósito del análisis de las cerchas, barras y otras estructuras simples las cuales se llevan a cabo realizando una gran simplificación e idealización del diseño colocando en la masa un centro de gravedad y simplificando las barras como un segmento de línea. Todos los diseños están basados en el cálculo de los resultados de la estructura idealizada y se brinda la experiencia de tener un factor de seguridad de (1.5-3) (Tura y Dong, 2014).

FEA diseña geometrías de mucha complejidad y alta de exactitud requerida, esto se realiza para entender comportamientos físicos tales como cargas, transferencia de calor y flujos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

de líquidos entre otros para objetos completos. También se pueden realizar predicciones de las mejoras y comportamientos de un diseño, permitiendo calcular el margen de seguridad e identificar las debilidades en la precisión del diseño, también para identificar el diseño más óptimo con seguridad y confianza (Tura y Dong, 2014).

Las aplicaciones comunes de FEA son utilizadas para la ingeniería mecánica, aeroespacial, civil y automovilística, se utilizan en el análisis de cargas estructurales los cuales pueden ser dinámicos o estáticos y linear o no linear, además de las aplicaciones de flujo de fluidos, transferencia de calor, campos electromagnéticos, mecánica de los suelos, la acústica y biomecánica. Con este método se obtienen grandes ventajas en los límites irregulares de las piezas, las cargas generales, la aplicación de simular diferentes materiales, también diferentes variables aplicables a la talla de los elementos, la dinámica aplicativa para las piezas y la corrección de problemas no lineales (geométricos o de materiales) (Tura y Dong, 2014).

1.1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS (FEM)

El método de elementos finitos es un método numérico para la solución de problemas de ingeniería que involucran geometrías complejas y que por lo general no es posible analizar directamente expresiones matemáticas. Son el recurso a utilizar cuando se tienen situaciones que no están parametrizadas en normas y libros (Valero, 2004)

Con este método se tiene una división continua de un número de partes finitas cuyo comportamiento ocurre mediante un número de parámetros que identifican puntos llamados nodos los cuales son puntos de unión de cada elemento. Este método se basa entonces en transformar un cuerpo en diferentes transformaciones que caracterizan el modelo deseado o proyectar.

Se explica el comportamiento inicial de los nodos (ver ilustración 8) con una fórmula matemática que es un vector que define los desplazamientos de cada columna, luego se tienen las coordenadas dadas por i, j y k para indicar el sentido de desplazamiento que tendrán los puntos que indicaran las deformaciones que se realizaran en la prueba.

$$\bar{u} = \sum N_i a_i^e = [N_i \quad N_j \quad \dots] \begin{pmatrix} \bar{a}_i \\ \bar{a}_j \\ \dots \end{pmatrix} = N a^e$$

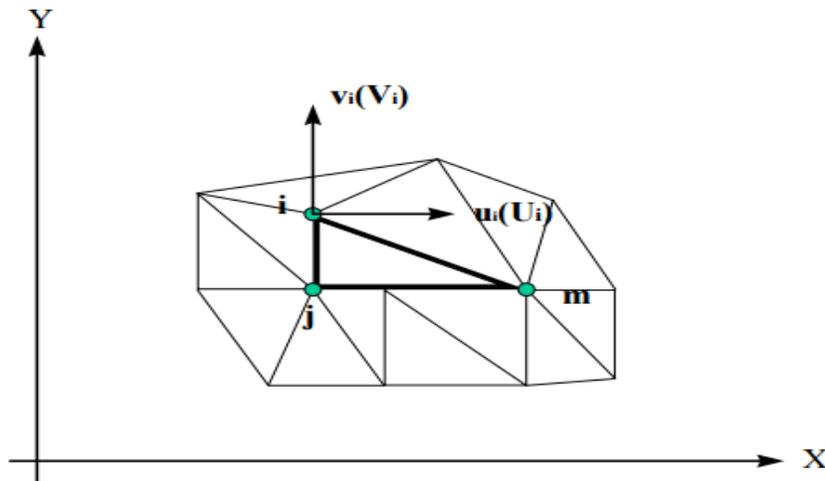


ILUSTRACIÓN 8. COORDENADAS NODALES (I, J, K) Y DESPLAZAMIENTO DE NODOS (VALERO, 2004)

El método FEA es un método de aplicación para piezas complejas determinando su resistencia de fuerzas, presiones y termografía, utilizado para finalidades de proyectos como el que estamos realizando, ya que este método permite realizar cálculos los cuales son de difícil análisis. Con las fórmulas de cálculo que FEA integra, se permite la construcción de matrices, realización y sustentación de las propiedades para las formas de las piezas complejas, los teoremas del área bajo la curva son aplicados de manera integrada en la función para determinar los errores que se presentan en los enmallados.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

En este documento se proponen unos pasos para realizar FEA de estimación de error y programar controladores para que realicen estas funciones.

Para el desarrollo del proyecto contamos con módulo FEA incluido en Creo Simulation 3.0, lo que representa una gran ventaja en el proyecto. Las medidas que ofrece FEA son de resistencia de fuerzas, temperaturas, mayas de fuerza, diferentes tipos de materiales, entregando así dinámica y claridad en los resultados en las pruebas realizadas con el software.

1.2. CAD Computer-Aided Design

Existen muchos escenarios de diseño CAD los cuales determinan el nivel de flexibilidad y adaptabilidad en modelos de 2 y 3 dimensiones, este desarrollo es una contribución al proceso de realizar modificaciones o alteraciones en modelos existentes con alta eficiencia y un uso fácil, muchos autores han identificado la habilidad de aplicar sistemas CAD a previos diseños y procesar nuevas situaciones como un factor esencial en la ingeniería moderna. El incremento de la popularidad de los acercamientos de la ingeniería a los modelos-base, donde la mayoría de la información de los diseños se almacena digitalmente con modelos CAD, la reutilización del diseño se ha convertido en una gran dependiente de CAD, los modelos CAD sirven como modelos de punto de desarrollo de un proceso y el principal.

1.3. SOFTWARE PARA DISEÑO Y SIMULACIÓN

1.3.1. PTC product & service advantage

La compañía PTC desde 1985, ha servido a las compañías manufactureras que necesitan lograr una mejora continua en sus productos. PTC crea paquetes de software los cuales brindan bases que son fundamentales en los procesos de organización, PTC ofrece un

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

servicio para las necesidades empresariales, las cuales les da un valor cuantificable en procesos ejecutivos e ingenieriles.

La intención de PTC es crear soluciones para una transformación en la manera de crear y mantener sus productos, esto lo realiza con el conocimiento que manejan en el proceso y las mejoras que realizan en sus prestaciones, para esto ellos cuentan con una plataforma flexible. PTC tiene una gran cadena de servicios los cuales se pueden visualizar visitando su página web (PTC, 2016).

1.3.2. PTC creo

PTC *creo* es una suite de aplicaciones que se pueden utilizar de la forma que se prefiera, este producto toma un concepto digital de los prototipos con eficiencia, precisión y medida de exactitud. Teniendo este una gran ventaja ya que no es necesario trabajarlo con las herramientas que CAD requiere, gracias a que este contiene una tecnología única.

Con PTC *creo* se pueden compartir aplicaciones con un mismo usuario y realizar interfaces de data con otros equipos, todo el paquete PTC *creo* ofrece una obtención rápida y de valor para realizar diseños CAD en 2D y 3D.

PTC *creo* es una continua mejora para PTC, con el cual suplen las necesidades que surgen en los campos del diseño industrial, diseño conceptual, diseño de sistemas encaminados, y diseño en 3D, además del campo de la simulación, y otros. (PTC *creo*, 2016).

PTC *creo* ha desarrollado *creo* 1.0, *creo* 2.0 y *creo* 3.0, versiones de su software las cuales han traído paquetes más amplios y con mejores interfaces para el desarrollo de diseños más eficientes.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.3.3. Creo parametric 3.0

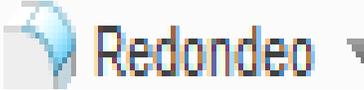
Este producto es el más eficaz y flexible para modelado en 3D, cuando se tienen propósitos para trabajar en la industria, creo parametric 3.0. Trae consigo innovación para el modelado de piezas con alta flexibilidad, este también brinda la interfaz con nuevos dispositivos, tal como las impresoras 3D, centros de mecanizado y otros equipos, además de otros conjuntos de paquete de software con utilidades de análisis que trae la innovación de este producto de PTC. Las actualizaciones y novedades que realizaron en PTC para Creo parametric 3.0 brindaron una serie de funciones las cuales permiten tener: fundamentos, exploraciones del diseño, modelados de piezas, intercambio de datos, diseño de planos, y entre otras novedades más (PTC; 2016).

Las funciones de creo parametric 3.0 contienen una ayuda eficaz y con tutorial ofrecido por PTC. Las interfaces que se mostraran en la siguiente tabla (ver tabla 1) son las necesarias para realizar este proyecto.

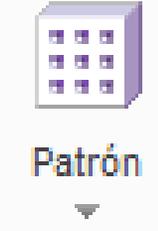
Tabla 1. Funciones de *creo parametric 3.0*. (Creo parametric 3.0, 2016)

 Nuevo	Nuevo permite la creación de crear un nuevo esquema, esbozo, pieza, conjunto, mecanizado, plano, formato, informe, diagrama, cuaderno o anotación.
 Plano	Plano esta función permite seleccionar el plano de referencia sobre el cual se creará la pieza o ensamble de un conjunto.
 Esbozo	Esbozo permite la creación de un nuevo modelo, para esta función se selecciona nuevamente el plano y se despliegan las opciones de dibujo.
 Línea	Cadena de líneas o línea tangente permite la creación de líneas en serie para la creación de modelos.
 Circunferencia	Centro punto, concéntrico, tres puntos y tangente , este comando permite la creación los tipos de círculos mencionados en los títulos, para nuestra aplicación solo utilizamos centro punto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

 Spline	<p>Spline permite la creación de líneas no rectas, pues esta permite tener cierta curvatura, lo cual facilita el proceso de la creación de la tubería.</p>
 Aceptar	<p>Aceptar comando que permite finalizar el esbozo realizado, además este se utiliza para la aceptación de cualquiera de las funciones que se realizan.</p>
 Extruir	<p>Extruir esta función permite crear una geometría tridimensional del esbozo planteado mediante la proyección bidimensional a una distancia normal al plano del esbozo.</p>
	<p>Cambiar la profundidad de la extrusión al otro lado del esbozo, este comando permite dar la longitud de la pieza y o el corte de la misma según la función deseada.</p>
	<p>Revolución esta función permite la revolución de un esbozo alrededor de una línea central, esto quiere decir que la función será girada 180 grados en función de adición o sustracción de material en el esbozo.</p>
	<p>Redondeo o Redondeo automático, este comando permite realizar funciones de redondeo circular en los cortes transversales.</p>
	<p>Simetría esta función permite crear una igualdad de la geometría de un esbozo, el cual es simétrico sobre una superficie plana.</p>
	<p>Cáscara: la función cáscara es utilizada para darle un espesor de material a las paredes.</p>
 Montar	<p>Montar esta función permite la creación de conjuntos de piezas que se unen para formar el ensamble de una pieza, esta opción permite tener un conjunto flexible, de paquete de inclusión. La función despliega una ventana de la cual se obtendrán las piezas para realizar el ensamble.</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

	<p>Patrón, la función está formada por varias instancias de una función, esto quiere decir que para colocar un patrón se debe definir la cuota y el tipo de patrón que se utilizara, además se debe seleccionar los puntos o el área en los cuales será la colocación de la figura. De la función patrón se despliegan una serie de opciones, de la cual solo seleccionamos relleno.</p>
	<p>Galería de aspectos visuales permite rellenar superficies de color, esta función contiene una amplia biblioteca de colores, la cual es utilizada por los colores que contiene o permite la creación de nuevos colores.</p>
	<p>Medir, una de las funciones más importantes para el diseño de piezas, puesto que esta permite realizar la medida de las cutas que necesitamos, esta medidas se dividen en medidas de radio, longitud, distancia, ángulo, área, volumen y transformación.</p>

1.3.4. Creo Simulation 3.0

Creo simulation es una gran estrategia y herramienta desarrollada PTC de fácil uso, además es un producto con un gran desarrollo que tiene la tecnología para ayudar a los ingenieros en la proyección y análisis de diseños. Esta aplicación ayuda a resolver problemas usando FEA con un completo kit de uso de mallas y estructuras, las cuales utilizamos para realizar diferentes pruebas de calor, resistencia de fuerzas y materiales (Brunelli, 2014).

Creo simulate para estructuraciones permite a los ingenieros diseñadores evaluar, entender y optimizar las estructuras de un de manera dinámica y estructural con una mejora en los diseños con una similitud mayor al entorno del mundo real. Las estructuras tienen una adaptabilidad única a la rápida respuesta a la solución de tecnología estructural, con soluciones precisas, automáticamente las soluciones ayudan a mejorar la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

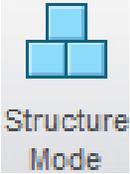
calidad de los productos y al decrecimiento de los costos en los diseños, este simulador tiene una gran ventaja ya que resuelve problemas de una manera original, utilizando FEA, el cual se ofrece como especialista en análisis, el cual crea automáticamente mallas asociadas completamente a la tercera parte de los elementos finitos.

Las propiedades de los materiales con sus propiedades adecuadas, el control que tiene creo simulation sobre las mallas del modelado hace que se presente una solución de problemas, con esto se puede definir la solución a los problemas de precisión haciendo una cobertura específica de los orígenes del diseño después de comenzar la simulación, se puede ver como *creo simulation 3.0* muestra los errores, los cuales están haciendo obstaculizar la correcta simulación, y dando con un punto de convergencia con información de verificación. En este análisis se muestra la selección de uno o más puntos con parámetros sensibles dando una edad sobre el rango y la comprobación de los gráficos deseados, las salidas de parámetros cargados como funciones de simulación, los diseños óptimos se encuentran mejor logrando la minimización de los costos del diseño o del total de las cargas, por ejemplo se puede reducir la mas de un ensamble mientras que se conserva la misma resistencia en la carga, se guarda una frecuencia modal que sirve como comparación de la frecuencia y el máximo desplazamiento con límites (PTC simulation, 2016).

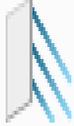
En la tabla 2 se muestran los comandos utilizados para realizar la simulación en este proyecto

Tabla 2. comandos utilizados para realizar la simulación de este proyecto

 Abrir	Abrir es la primera función encontrada para tener acceso a los diseños que se pretenden simular con Creo
--	---

	simulation, estos creados antes en creo parametric.
	<p>Structure Mode este comando activa el modo estructura, en el cual se pueden encontrar las pruebas que ayudaran a la simulación de fuerzas en las estructuras.</p>
	<p>Force/moment este comando se utiliza para crear modelos en nativo (función de Creo simulation) o FEA. Se pueden crear cargas con más de una entrada geométrica, dependiendo del tipo de modelo.</p>
	<p>Pressure esta aplicación se puede utilizar en método nativo y FEA moco estructural, permite crear cargas de presión en las caras de modelos 3D y curvas en modelos 2D, para crear modelos en 2D se seleccionan cargas en límites de una sola cara, en esta aplicación no se pueden escoger datos de la curva, curvas flotando libremente o curvas compartidas con más de una estructura.</p>
	<p>Temperatura permite crear cargas térmicas en estructuras entregando resultados de cambio sobre la geometría, estas cargas se puede establecer uniformemente cruzando la sección geométrica, esto se realiza usando funciones coordinadas para definir la variación espacial o usando externamente el cálculo en el campo de la temperatura.</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

 Displacement	<p>Displacement función la cual permite crear el punto de apoyo en contra de la cargas que serán aplicadas, de esta se despliega un cuadro de dialogo en el cual se estarán editando los puntos que servirán de apoyo para la estructura.</p>
 Materials	<p>Materials permite la creación de nuevos materiales, editar o eliminar existentes, esta función despliega una librería de materiales la cual hace parte de los modelos que se realizan en esta función.</p>
 Material Assignment	<p>Material Assignment despliega una caja de dialogo donde se especifica el material a utilizar, este con sus propiedades en la asignación al modelo, se comprueba y se cambia el material existente y se le aplican las nuevas propiedades del material escogido.</p>
 Analyses and Studies	<p>Analyses and studies permite crear el manejo de los resultados para el modo de análisis FEA, estos análisis permiten la especificación de algunas cargas combinadas en los modelos que se pueden utilizar para calcular la respuesta de los modelos, también al ingresar la información se obtiene la información de los cálculos y reporte de resultados de los estudios plateados.</p>
 Measures	<p>Mesures ayuda a tener control de las medidas de los diseños que estarán en proceso de simulación, este es un comando de ayuda el cual es muy útil mientras se simula o se tiene el modelado.</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

	<p>Results comando que permite la visualización de los estudios realizados para los diseños, en esta función se despliega una nueva ventana donde se pueden observar todos los resultados térmicos, estructurales y demás aplicaciones.</p>
	<p>Thermal mode esta función tiene herramientas expertas en la simulación y comportamiento de partes ensambladas sujetas a cargas térmicas, esta función provee a FEA diferentes análisis de los límites de la temperatura con la minimización del uso de masas, pero conservando el modelo con la máxima temperatura en sus límites.</p>
	<p>Model setup función que permite crear el campo de simulación que se quiere trabajar, FEA o modo nativo (entregado por Creo)</p>

1.4. ESTADO DEL ARTE

Para la construcción de un oxidistribuidor, tuvimos en cuenta que no era un equipo demasiado complejo ni con mucha tecnología, pero tenemos una ventaja que este dispositivo no puede mostrar resultados similares en el internet.

De las primeras etapas que debe desarrollarse dentro de una investigación es la construcción de su estado del arte ya que permite determinar la forma como ha sido tratado el tema, cómo se encuentra el avance de su conocimiento en el momento de realizar una investigación y cuáles son las tendencias existentes en el entorno. El equipo más similar que se encuentra en el mercado son los *manifolds* que constan de una matriz de válvulas en función del número de elementos a conectar para ser utilizadas. Por esta

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

razón tenemos este equipo en consideración pero no es tomado en cuenta por su funcionamiento en gases puesto que maneja una gran incertidumbre en temas de seguridad, porque es más usado en los sistemas neumáticos, por eso no cumplen con los requisitos de seguridad y normatividad de diseño que son requeridos, y por esto nosotros presentaremos el desarrollo de una investigación para lograr una alta eficiencia.

Este proyecto puede permitir muchos desarrollos, geometrías y realización de pruebas con FEM. Estas pruebas serán realizadas para lograr un desarrollo que permita avanzar de forma rápida en el desarrollo del proceso de construcción. Las pruebas se realizan con el fin de tener la cantidad exacta de gas en las presiones de operación requeridas. La experiencia técnica de este tema es más extensa en nuestro integrante y compañero Cristian Echeverry, el cual tiene la oportunidad de estar directamente en contacto con los gases ya que labora para la compañía CRYOGAS, por su defecto tiene contacto con el oxidistribuidor que ya está construido. Con la facilidad y el aprovechamiento de tenerlo a él en nuestro equipo nos brinda un gran conocimiento en el campo de la soldadura de oxiacetileno, entregando pues el para nosotros un sin número de cuidados y reglas de seguridad que se debe tener frente a este tipo de equipos, los conocimientos sobre el desarrollo del diseño y los cálculos están siendo desarrollados por los tres para hacer el proyecto avanzar.

Este equipo no será nuevo en el mercado de los equipos que trabajan con soldadura de oxiacetileno, porque no se han reportado existencias de la fabricación de estos en otras empresas. Esto explica que no puede considerarse como un producto terminado, sino como una contribución que genera nuevos problemas o nuevas hipótesis de investigación y representa el primer y más importante insumo para dar comienzo a cualquier investigación.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2. METODOLOGÍA

El desarrollo de este trabajo de grado se enfocará en el cumplimiento consecutivo de etapas, aunque algunas deben realizarse de forma simultánea de manera que el tiempo que se dispone sea suficiente para el cumplimiento exitoso del proyecto.

Las etapas planteadas en el anteproyecto fueron desarrolladas y complementadas con resultados, argumentos, fotografías, y demás elementos que hicieron posible que este proyecto se ejecutara con las condiciones que se deseaban y requerían para lograr la finalidad y efectividad del proyecto. Como se planteó anteriormente las etapas fueron las siguientes:

2.1. ETAPAS

2.1.1. Etapa 1

2.1.1.1. Diseño conceptual del oxidistribuidor

La realización del diseño conceptual del oxidistribuidor fue utilizando la metodología de diseño de Pahl & Beitz plantea la necesidad de un enfoque sistemático. Por consiguiente ellos proponen una estrategia para el desarrollo de soluciones, cuyo objetivo es aumentar las probabilidades del éxito técnico y económico en el desarrollo del producto. (Barrientos, 2014).

Esto quiere decir según el método de diseño de Pahl & Beitz que todo el ejercicio de diseño se reduce a un ejercicio de lógica. En donde existe un calendario para las etapas de diseño y otro para un proyecto predecible.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Esta idea surge de la necesidad de diseñar un equipo a partir de un enfoque técnico, brindando más que una solución, una propuesta a la comodidad de una estación de trabajo más eficiente y segura, con la estrategia de multiplicar la eficiencia de un equipo de oxicorte ya que en la actualidad y con los equipos convencionales, se limita a que solo trabaje una persona por equipo. El éxito técnico del oxidistribuidor es permitir que varios puntos de trabajo sean utilizados al mismo tiempo desde una batería de cilindros.

Basados en esta teoría fueron planteadas varias reformas del prototipo original del oxidistribuidor creado por CRYOGAS (ver ilustración 6), como las reformas en las medidas de la base o soporte de los acumuladores de oxígeno y acetileno, la longitud en las medidas de la tubería de salida del oxígeno y el acetileno. El tipo de material para la construcción también tiene planteamientos de cambio para ofrecer mayor ligereza, seguridad y resistencia en sus materiales y en transporte del equipo por mantenimiento o reubicación, pues la finalidad es tener un banco de trabajo establecido para lograr la mayor optimización del proceso final.

Los beneficios que traerá el diseño del oxidistribuidor, son ampliar la capacidad de puestos de trabajo con soldadura oxiacetilénica con una misma fuente, optimización del tiempo en las tareas asignadas con el oxidistribuidor, fácil desarrollo del equipo para su reproducción, eficiencia en los materiales que se utilizaran en este y tiempo para la construcción del equipo.

El problema del equipo que se usa actualmente es la limitación de un solo puesto de trabajo, con el oxidistribuidor se busca que esto se minimice el problema anterior teniendo más puestos de trabajo desde una sola fuente, aunque el oxidistribuidor presenta como desventaja, el requerimiento de un buen espacio físico para ser utilizado ya que este utiliza más espacio por la cantidad de puestos de trabajo habilitados, teniendo en cuenta también que el oxidistribuidor puede trabajar desde un solo punto de trabajo hasta su capacidad máxima.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.1.1.2. Cálculos para el diseño y realización de pruebas del oxidistribuidor

Para realizar los cálculos apropiados del oxidistribuidor y tener un rendimiento esperado de nuestro proyecto se tuvo en cuenta que el consumo de gases se marca por los flujos que están indicados en cada una de las tablas (ver ilustración 9) de los catálogos que el proveedor de boquillas ofrece. La duración de presiones del oxígeno y del acetileno, como las presiones de trabajo dependerán también de los tipos de boquillas que se utilicen, además estas dependerán del propósito de utilización, el cual será determinado para corte o para soldadura de acuerdo al material y espesor que este tenga.



CURVED
12-1401-07

STRAIGHT
129-124-04

TWIN FLAME
12-1402-04

Flexible

Sapphire Tips
Due to the extraordinarily small orifice diameter of tips sizes #2-3, tips are fitted with a laser drilled synthetic sapphire to assure accurate gas flow and consistent flame characteristics.

ALL TIPS ARE 100% FLAME TESTED

Flexible Tip Extension
For Customizing Angle And Distance From Handle

Stock No. 2327-3SP
Length 3" (76mm)

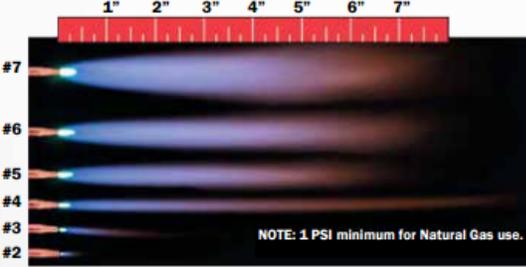
Size	Curved Stock No.	Straight Stock No.	Use With Oxygen and:	Orifice Dia.	Drill Size	Gas Pressure (PSI)		Gas Consumption (CFH)		BTU/hr	Brazing Capacity Copper Pipe
						Oxygen	Fuel	Fuel	Oxygen		
#2	12-1401-02	N/A	Acetylene, Hydrogen only	.006	97	2	2	.09	.11	130	N/A
#3	12-1401-03	N/A	Any Fuel Gas	.011	85	4	4	.78	.94	1,150	Up to 1/8"
#4	12-1401-04	129-124-04		.020	76	5	5	1.57*	1.88*	2,300	1/4" - 3/8"
#5	12-1401-05	N/A		.029	69	6	6	2.58	3.1	3,800	5/16" - 5/8"
#6	12-1401-06	N/A		.037	63	6	6	4.48	5.38	6,585	3/8" - 3/4"
#7	12-1401-07	N/A		.047	56	8	8	6.27	7.52	9,200	1/2" - 7/8"

NOTE: Consumption is for single flame tip only.

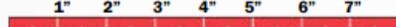
Size	Twin Flame Stock No.	Use With Oxygen and:	Orifice Dia.	Drill Size	Gas Pressure (PSI)		Gas Consumption (CFH)		BTU/hr	Brazing Capacity Copper Pipe
					Oxygen	Fuel	Fuel	Oxygen		
#4	12-1402-04	Any Fuel Gas	.020	76	5	5	2.91	3.49	4,300	1/4" - 5/8"
#5	12-1402-05		.029	69	6	6	4.70	5.64	6,900	5/16" - 3/4"
#6	12-1402-06		.037	63	6	6	6.50	7.80	9,550	3/8" - 7/8"

NOTE: All values determined using acetylene gas.

APPROX. FLAME SIZES AT NEUTRAL MIXTURE (OXYGEN/ACETYLENE)



NOTE: 1 PSI minimum for Natural Gas use.





TWIN FLAME

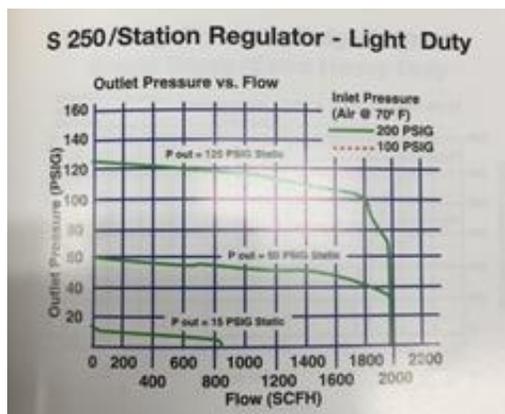


ILUSTRACIÓN 9. TABLA DE CONSUMOS DE GASES SEGÚN TIPO DE BOQUILLA.

FUENTE: (SMITHEQUIPMENT. 2016)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Se observa entonces como el flujo está en unidades de volumen/tiempo (pie^3/h), cada boquilla tiene un consumo según su número de talla, estas son desde la número 2 hasta el número 7, con este dato y el volumen total del cilindro (contenido) se puede conocer el tiempo que transcurre para consumir el cilindro. Teóricamente cuando se trabaja con soldadura oxiacetilénica la relación es de 2.5 psi de O_2 x 1 psi de C_2H_2 , por la cantidad de presión y volumen de cada producto.

En el caso de nuestro proyecto trabajamos con las cantidades de llenado en psi que tiene la compañía CRYOGAS, todos estos llenados con normatividad NFPA y la NTC 5197. Los valores para estos son 300 psi para el acetileno y para el oxígeno 2300 psi (ver ilustración 9).

Además de esto es claro anotar que el oxidistribuidor debe conservar un flujo para soportar todos los equipos que se conecten como puntos de trabajo, esto quiere decir que cada equipo de oxicorte según la boquilla requiere un flujo de trabajo que se deberá conservar.

Cada fabricante maneja su propio consumo y flujo, pero en general todos los fabricantes de boquillas coinciden en el flujo, ya que este depende del tipo de material y espesor sobre el cual se va a trabajar.

De acuerdo a la tabla de boquillas (ver ilustración 9), el máximo flujo que puede requerir una boquilla en oxígeno es de 80 SCFH y en acetileno es de 16 SCFH para espesores de 1", esto para un solo equipo.

Esto quiere decir que para oxígeno se deben garantizar 480 SCFH si se conectan los 6 puntos de forma simultánea al oxidistribuidor, para este flujo se deben garantizar en el cilindro de oxígeno del oxidistribuidor una presión de entrada de 60 psi, lo cual garantiza a la salida un flujo de 1800 SCFH. (Ver ilustración 9)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

En el caso del acetileno se deben garantizar máximo una entrada de 15 psi lo que me garantiza una salida de 62 SCFH máximo, esto si todos los puntos de trabajo del oxidistribuidor se cargaran al máximo con materiales de espesor 1”.

2.1.2. Etapa 2

Se realiza el diseño estructural usando las teorías de mecánica de materiales para la determinación de los estados de carga de la estructura principal.

Se tomaron conceptos ya definidos como estudio de resistencia, materiales conocidos, flujos, presiones, fichas técnicas del acetileno y el oxígeno, peligros y comportamiento de los gases y comportamiento de las estructuras.

Se tomaron en cuenta los conceptos de las cargas axiales las cuales referencian a todas las fuerzas que podrán estar interviniendo a las estructuras que tenemos diseñadas, con esto se ejemplarizaron los esfuerzos bajo condiciones generales de la carga, componentes de los esfuerzos, en este capítulo también se estudió los esfuerzos (ver ilustración 7).

Además, se analizan las deformaciones producidas por las cargas axiales los cuales se estudian bajo diagramas de deformación con los cuales se resuelven ejercicios basados en la ley de hook y el módulo de elasticidad que tiene una amplia teoría, también para la aplicación de esfuerzos. Este estudio brinda un gran aporte al proyecto porque en este se sitúan y se analizan problemas de que involucran cambio de temperatura, que es una de nuestras prioridades a investigación. La concentración de los esfuerzos se tuvo en cuenta por los puntos donde nuestra base fue soldada, aunque ahí no están los esfuerzos mayores, se tuvo en cuenta porque son los principales puntos de riesgo para la reacción frente a los esfuerzos (ver ilustración).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

La transformación de los esfuerzos fue tomada en cuenta por la teoría de las transformaciones que tiene las fuerzas bajo las condiciones de temperatura y elasticidad de los materiales involucrados en la deformación.

Aunque las vigas que se utilizaron en este proyecto no fueron muy extensas se tuvo en cuenta la deflexión de las vigas bajo una carga transversal puesto que nuestra tubería atraviesa los soportes que utilizamos en la base de nuestro oxidistribuidor. Este contenido se enfocó en la deformación, vigas estáticamente indeterminadas y métodos de superposición (ver ilustración).

Utilizando la teoría de recipientes de pared delgada, para recipientes cilíndricos, como fue descrito en el apartado 2.5.1, calculamos la dirección anular o circunferencial que será σ_1 , la cual será resuelta con las ecuaciones (1, 2,3), la dirección longitudinal o axial la cual será σ_2 , será resuelta con las ecuaciones (4, 5 y 6) con las cuales se calcula la tubería de oxígeno y acetileno.

Para el diseño se toman las medidas de r (radio interior de la tubería) para la tubería de 90 mm, con un espesor de pared de 2 mm la cual es medida estándar conseguida comercialmente, está fue instalada también en el prototipo creado por CRYOGAS. Para los cálculos se toma la presión manométrica de 2300 psi a la cual son llenados los cilindros de oxígeno en CRYOGAS, es de 90 mm y tenemos reemplazando en la formula entonces tenemos:

$$\sum f_x = 0 \quad (1)$$

La sumatoria de fuerzas en este caso será 0 para que se pueda cumplir el equilibrio mecánico, según los conceptos de resistencia de materiales, donde un sistema mecánico el cual está en equilibrio mecánico la suma de fuerzas sobre las partículas involucradas en el sistema es cero, para la ecuación 2 se aplican los cálculos que esta tiene, se reemplazan

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

los valores de la tubería ya planteados y se realiza en procedimiento necesario para darle solución como se muestra seguidamente:

$$2[\sigma_1(t dy)] - p(2r dy) = 0 \quad (2)$$

$$\sigma_1 = \frac{Pr}{t} \quad (3)$$

$$\sigma_1 = \frac{2300 \text{ psi} \times 90 \text{ mm}}{2 \text{ mm}}$$

$$\sigma_1 = 103500 \text{ N/m}^2$$

Este muestra cual será la resistencia de la pared del cilindro, con este se realizó el cálculo de la fuerza cortante que se ejerce sobre el cilindro

$$\sum f_y = 0 \quad (4)$$

$$\sigma_2(2 \pi r t) - p(\pi r^2) = 0 \quad (5)$$

$$\sigma_2 = \frac{Pr}{2t} \quad (6)$$

Para la tubería de acetileno se tienen las mismas ecuaciones utilizadas en diámetro para el contenedor, cambia la longitud de la tubería ya que este por seguridad se coloca más corto y contiene menos gas que el oxígeno.

2.1.3. Etapa 3

Se realizó una planeación en el inicio del proyecto, sobre los materiales comerciales como el hierro (Fe60) para la base y cobre (Cu) para los contenedores de oxígeno y acetileno, se utilizó acero para las válvulas, con los que se realizaron pruebas las cuales se asemejaran siempre a la posible construcción del diseño del oxidistribuidor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Estos productos ofrecidos en el comercio brindaran un soporte técnico que garantiza respaldo y confiabilidad en la utilización del producto ya que son de fácil adquisición por la cantidad de fabricantes que ofrece el mercado. Soportado con curvas de durabilidad de los materiales, compatibilidad que estos ofrecen con otros materiales con los que serán ensamblados para su finalidad.

No se incurrió en la consecución comercial de dichos materiales ya que nuestro objetivo es realizar el diseño del oxidistribuidor y realizar pruebas con el sistema FEA. Los criterios que se aportan la compra y utilización de estos elementos son la seguridad, esta tiene que ser presentada la marcación respectiva de los sentidos que se deben aplicar para las posiciones en las válvulas abierto y cerrado. Además, estas válvulas traen un sistema de seguridad el cual debe estar bien ajustado y en condiciones de operación para casos que se pueden presentar en una emergencia, además el hierro y el cobre deben tener la respectiva marcación en el momento de la compra.

2.1.4. Etapa 4

Esta es quizás la etapa más importante del proyecto ya que en esta se desarrolla el diseño y las simulaciones del oxidistribuidor. Las simulaciones computacionales se realizaran usando Creo parametric 3.0 y Creo simulation 3.0, con los cuales se evaluarán los componentes del oxidistribuidor. Este diseño tiene la similitud del prototipo del oxidistribuidor (ver ilustración 4) creado antes por CRYOGAS.

El oxidistribuidor está conformado por la base la cual soporta los contenedores de oxígeno y acetileno, esta los soporta con cuatro grapas, este también contiene el contenedor de oxígeno y el contenedor de acetileno, las válvulas son un diseño agregado que se coloca al diseño por estética.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.1.4.1.1. Base del oxidistribuidor

La base del oxidistribuidor es una estructura construida con ángulos de hierro, los cuales tienen forma piramidal y soportes de los mismos ángulos en los intermedios que sirven de apoyo para los contenedores de oxígeno y acetileno (ver ilustración 10), esta base será el cuerpo principal del oxidistribuidor, este es primer paso donde se da el ajuste de las piezas y sus mejoras con respecto al prototipo original, usado para mejorar sus condiciones de trabajo y por ende su rendimiento.

2.1.4.1.1.2 Diseño de la base del oxidistribuidor.

Se utilizó Creo parametric 3.0 para el diseño de la base, el cual se inicia con un plano de referencia siguiendo los instructivos mencionados anteriormente en la descripción de Creo parametric 3.0, se inicia con una línea posicionada en el plano x, la cual traza la primera columna del oxidistribuidor y se forma el frente del oxidistribuidor, después se utiliza la función extrusión para darle el espesor a las paredes, después de esto se crea un sobre plano, para realizar una simetría de la primera cara y que se realice una similitud en las caras, después se realizan los ángulos para posicionar los contenedores de los gases.

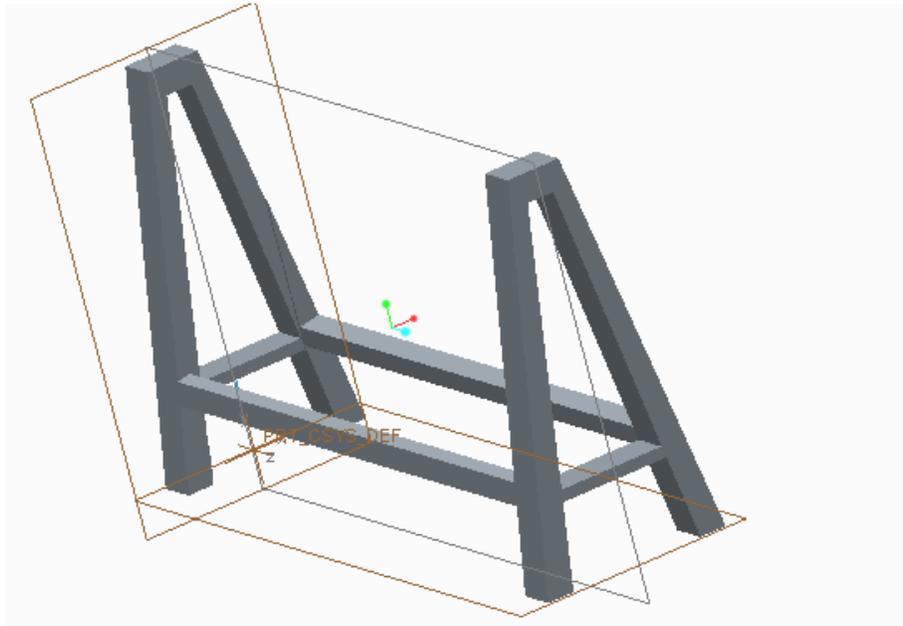


ILUSTRACIÓN 2. DISEÑO BASE OXIDISTRIBUIDOR

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.1.1.1.1. Diseño de la Tubería del oxidistribuidor

Las medidas de las tuberías tienen longitudes diferentes, basados en el prototipo de CRYOGAS, por la experiencia que se ha tenido con el oxidistribuidor ya construido, teniendo en cuenta la seguridad de los gases ya que no existen normas técnicas que avalen este prototipo. Para los contenedores de los gases, el de oxígeno tiene una longitud de 1.7 m, con la característica que este tubo tiene un diámetro menor en la entrada de 0.05m y se aumenta a 0.18 m, después de la entrada para ofrecer mayor capacidad de almacenamiento de gas en el centro de la tubería, pues esta será la fuente de las salidas de las mangueras para la mezcla. La tubería utilizada para el acetileno tiene una longitud de 1 m, a esta se le distribuyen también las salidas del gas para la mezcla. El tubo se define con la medida de 1 m para reducir el riesgo que pueda producir el acetileno en

un contenedor más grande, sin un diseño como el que normalmente usa un contenedor de este gas.

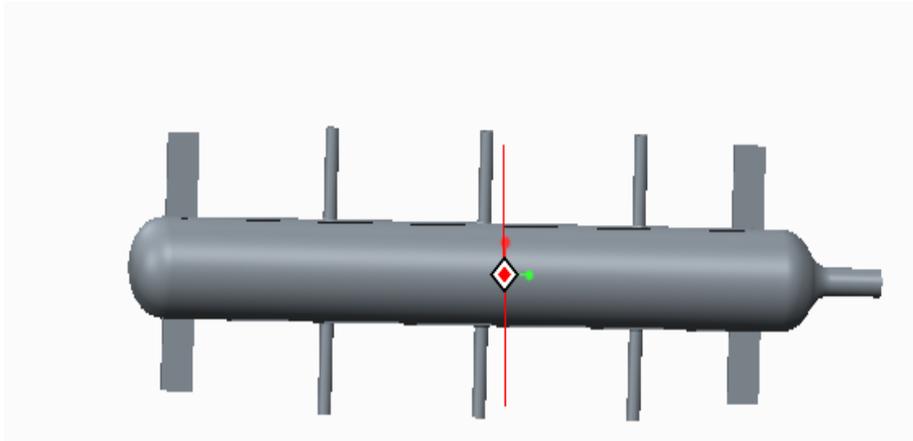


ILUSTRACIÓN 3. TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN PARA OXÍGENO.

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

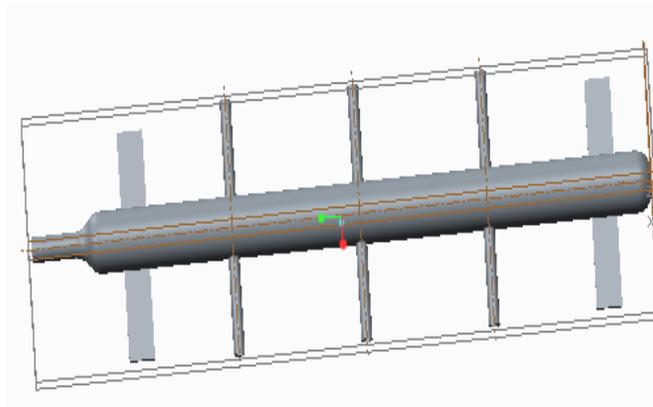


ILUSTRACIÓN 4. TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN PARA ACETILENO

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.1.1.2. Diseño del oxidistribuidor

Para el diseño del oxidistribuidor se tomó en cuenta el software Creo 3.0, el cual fue utilizado en materias de la ingeniería tales como resistencia de materiales y procesos de diseños Así, aprovechamos este conocimiento para realizar este elemento del proyecto.

Para hacerlo, fue necesario el uso de aplicativos como curvas, líneas, proyecciones, colores y obstrucciones que permitieron la imagen tridimensional y así mismo la obtención de los planos, las simulaciones y el uso de diferentes materiales a necesidad.

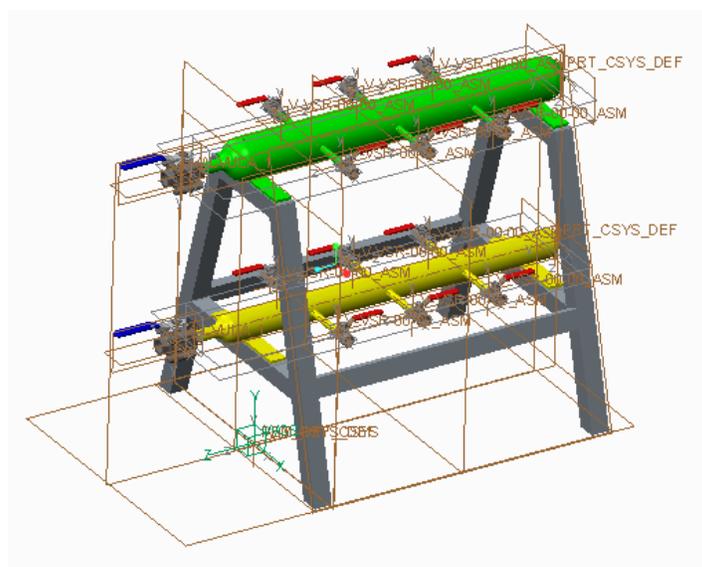


ILUSTRACIÓN 13. DISEÑO DEL OXIDISTRIBUIDOR EN CREO 2.0

Las medidas propuestas en el diseño para la base del oxidistribuidor, tuvieron algunas mejoras para brindar mayor comodidad y ligereza en el transporte de oxidistribuidor, además los contenedores de oxígeno y acetileno quedan a una altura mayor con respecto al suelo, básicamente buscando mejor ergonomía del operador y evitar que el contenedor de acetileno sea golpeado fácilmente por algo al momento del transporte o de su

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ubicación, Se realiza este entonces con una altura de 1.20 m. esto con el fin de brindar una altura promedio y de cómodo uso para los operadores Se tiene también así que existe un espacio suficiente para la acomodación de la tubería de los gases.

Para la distribución de los puntos de salida de gas se tomó una amplitud de 1 m. esto nos brinda un espacio confortable y suficiente para ofrecer distribución y practica de segura de las salidas de cada uno de los gases.

El frente de la base tiene un ancho de 0.4 m, ajustados plenamente para la tubería y las válvulas de entrada de gas al oxidistribuidor, sus medidas serán expuestas más adelante. En este paso se realizó una reducción considerable frente al planteamiento inicial, que las pruebas de temperatura y fichas de seguridad mostraron posibilidad y seguridad en el diseño.

1.1.1.2.1. Válvulas de paso

Para los criterios de selección de los accesorios hidráulicos se debe tener en cuenta:

Los valores normales y límites de presión que soporta el cuerpo de la válvula, dimensionamiento y capacidad de flujo, características de flujo, límites de temperatura, caudal de fuga, pérdidas de presiones normales y cuando la válvula está cerrada, compatibilidad de los materiales con el oxígeno, costo y vida útil. Cada proveedor de válvulas suministra al usuario las tablas de selección en función de la aplicación.

Para este caso uno de los puntos más relevantes son las características de flujos, ya que este define la relación caudal – apertura del elemento final de control cuando la caída de presión a través de la válvula se mantiene constante. En forma equivalente, la característica de flujo inherente es la relación entre coeficiente de flujo C_v y la apertura.

Las características inherentes de flujo típicas son: lineal, igual porcentaje, parabólica y apertura rápida.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 3. Recomendaciones para elegir la característica de flujo de válvulas de control en lazos de caudal, nivel y presión. (Varun, 2013), (Frans, 2014)

<i>Liquid-Level Systems</i>			
Control Valve Pressure Drop	Best Inherent Characteristic		
Constant ΔP	Linear		
Decreasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load > 20% of minimum-load ΔP	Linear		
Decreasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load < 20% of minimum-load ΔP	Equal percentage		
Increasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load < 200% of minimum-load ΔP	Linear		
Increasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load > 200% of minimum-load ΔP	Quick opening		
<i>Pressure Control Systems</i>			
Application	Best Inherent Characteristic		
Liquid process	Equal percentage		
Gas process, small volume, less than 10 ft of pipe between control valve and load valve	Equal percentage		
Gas process, large volume (process has receiver, distribution system, or transmission line exceeding 100 ft of nominal pipe volume), decreasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load > 20% of minimum-load ΔP	Linear		
Gas process, large volume, decreasing ΔP with increasing load, ΔP at maximum load < 20% of minimum load ΔP	Equal percentage		
<i>Flow Control Processes</i>			
Flow measurement signal to controller	Location of control valve in relation to measuring element	Best Inherent Characteristic	
		Wide range of flow set point	Small range of flow but large ΔP change at valve with increasing load
Proportional to flow	In series	Linear	Equal percentage
	In bypass [†]	Linear	Equal percentage
Proportional to flow squared	In series	Linear	Equal percentage
	In bypass	Equal percentage	Equal percentage

^{*} Based on a combination of applied control theory and actual experience. (Fisher Controls International, Inc.)

[†] When control valve closes, flow rate increases in measuring element.

Mediante un portal en internet que ofrece una gran variedad de diseños (Varun, 2013), (Frans, 2014) fueron encontradas las válvulas que sirven para realizar el ensamble del oxidistribuidor. La válvula (ver ilustración 14) principal de entrada de los gases tiene una

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

medida de 0.21 m esta es pues una medida comercial un con buena adaptabilidad con la tubería que se pretende utilizar

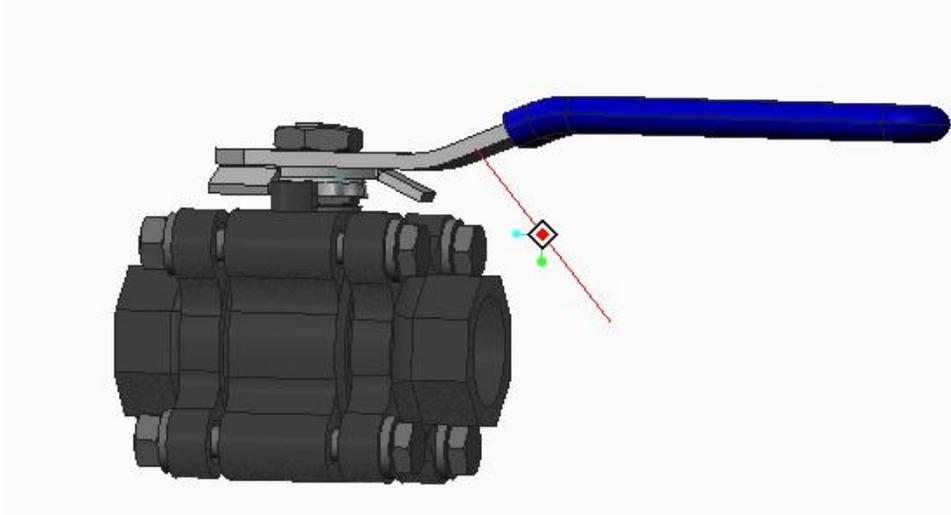


ILUSTRACIÓN 14. VÁLVULA DE ENTRADA DE GAS EN EL OXIDISTRIBUIDOR

FUENTE: (VARUN, 2013)

La válvula de la salida de los gases (ver ilustración 15) tiene un diámetro menor, y un tamaño menor también en su forma, tiene además también un color diferente como es el rojo para indicar prevención, la válvula utilizada en esta aplicación es bastante común en el mercado y ofrece un alto rendimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

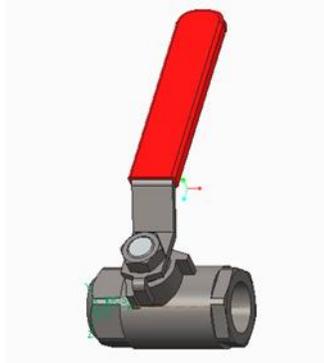


ILUSTRACIÓN 55. VÁLVULA DE SALIDA DE GAS

FUENTE: (FRANS, 2014)

1.1.1.3. Ensamble del oxidistribuidor

Se realiza el ensamble de todas piezas involucradas en el anterior ítem, para este paso se utilizó entonces también la ayuda del software Creo 3.0, Los elementos que se ensamblan no son ajustados, no son roscados completamente, solo se presentan como quedaran uno sobre el otro, este ensamble tiene el ajuste y la semejanza con la realidad para futura construcción del oxidistribuidor.

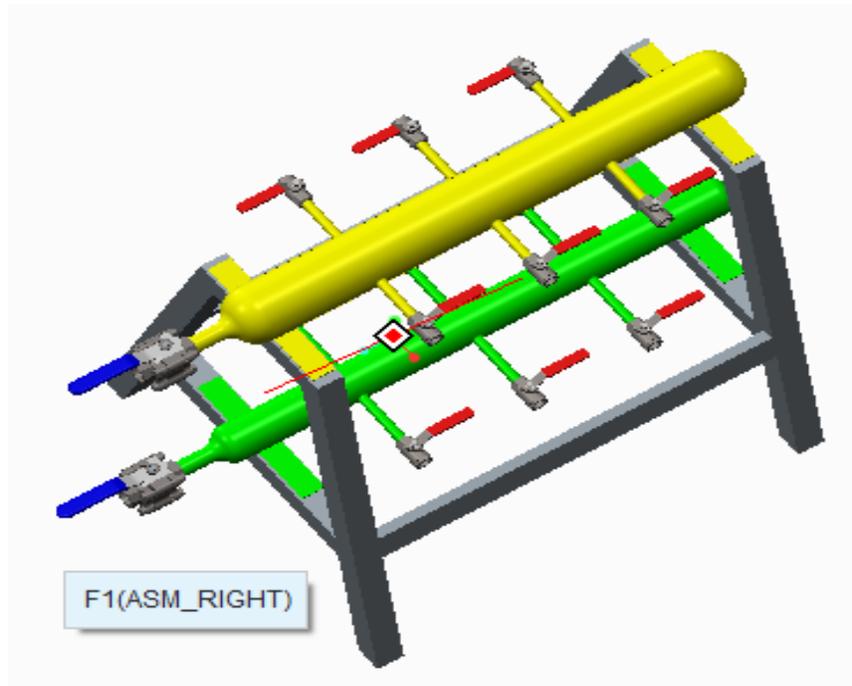


ILUSTRACIÓN 66. ENSAMBLE DEL OXIDISTRIBUIDOR.

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

1.1.1.4. Prueba de FEA.

1.1.1.4.1 Prueba para la base de oxidistribuidor

Se realizan simulaciones para la base oxidistribuidor primero de resistencia en las bases donde se posicionaran los acumuladores de oxígeno y acetileno (Ver ilustración 17), se realiza la asignación de material para ejecutar las simulaciones, el material que se aplicó a este fue hierro (Fe 60), se nota entonces que las flechas verdes indican la fuerza que se está aplicando para debilitar la resistencia, esta fuerza es de 150 N, las flechas que se notan en azul son las que se proporcionan para la contrafuerza o el amarre de la base, estas fuerzas fueron aplicadas y se aplica la simulación en FEA.

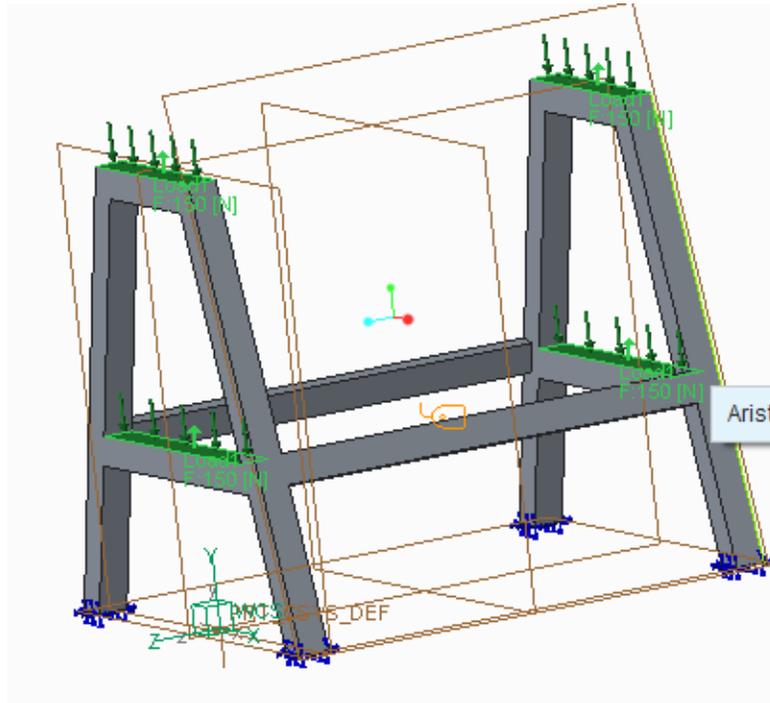


Ilustración 17. Aplicación de fuerzas a la base del oxidistribuidor.

Fuente (Elaboración propia)

Cuando se quieren entregar los resultados de los análisis es necesario especificar el tipo de estudio que se desea realizar para el oxidistribuidor, los cuales no se puede realizar para todos las funciones que ofrece Creo simulation (ver ilustración 18), en esta ventana se despliegan varias opciones y comandos los cuales permiten realizar el inicio o parada de la simulación, la lectura de los resultados según la forma que se quieran ver estos y otra información utilizada para los resultados que se entregan después de la simulación.

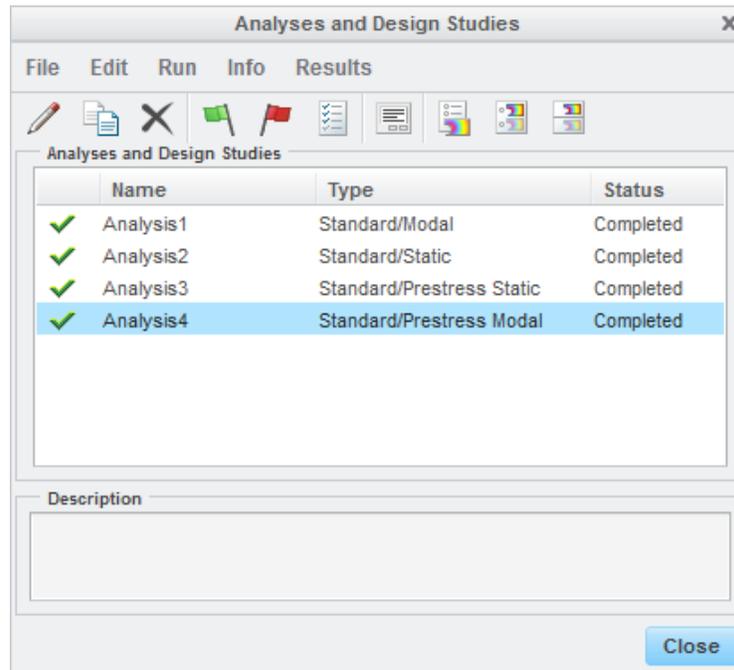


ILUSTRACIÓN 18. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA BASE UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

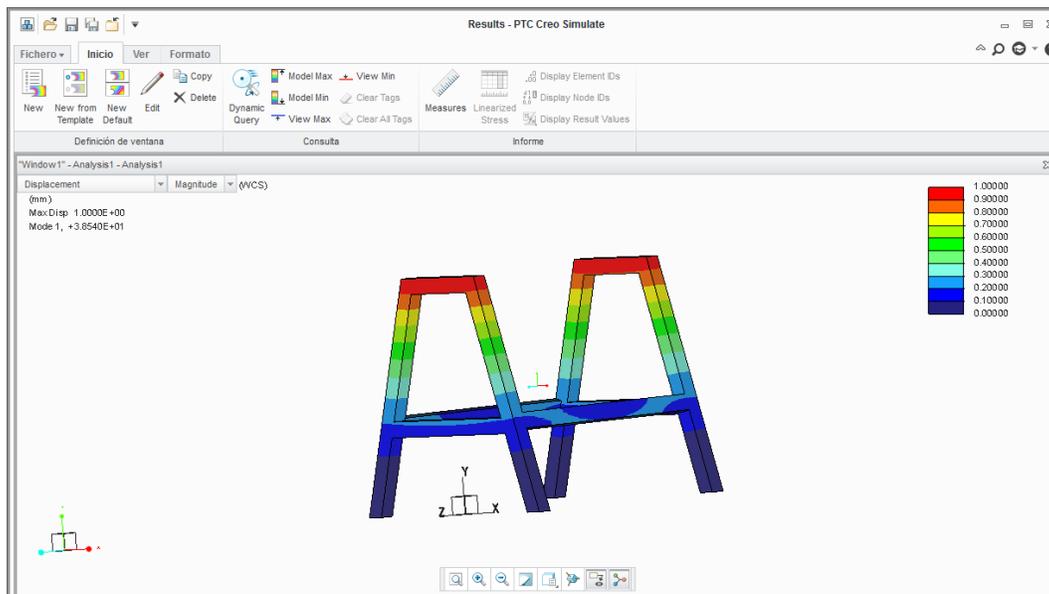


ILUSTRACIÓN 78. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA BASE UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Se nota (ver ilustración 18) que los colores de la base se forman más oscuros en la parte superior donde esta aplicada la mayor fuerza que soportara el oxidistribuidor, la cual se calculó con el peso de cada uno de los contenedores utilizados en el prototipo de CRYOGAS, se nota que la base tiene una gran resistencia a la aplicación de fuerzas.

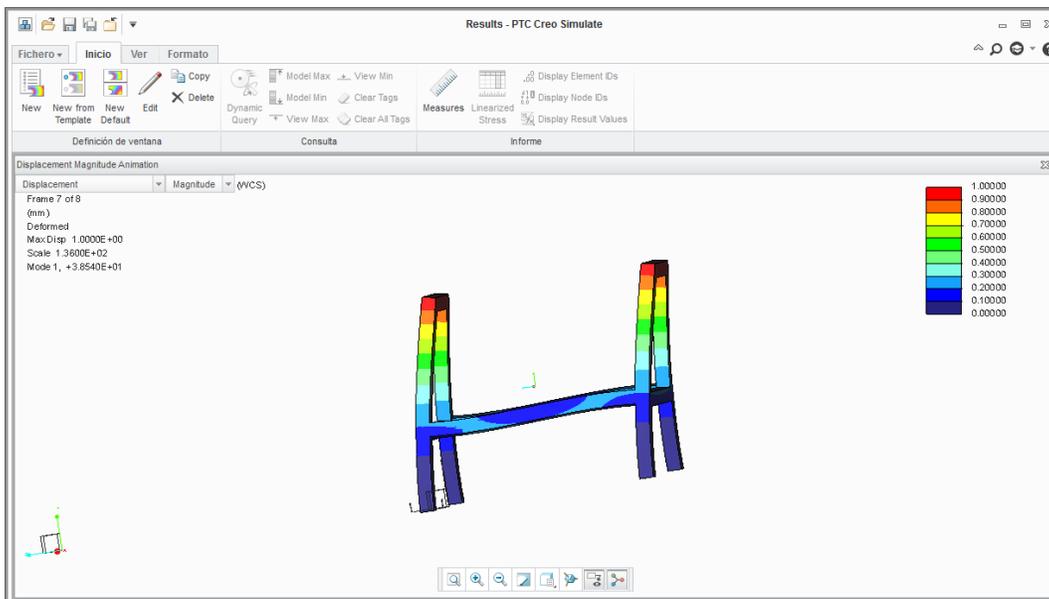


ILUSTRACIÓN 18. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA BASE UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

Se realiza una prueba de desplazamiento también (ver ilustración 18), donde se muestra el mayor desplazamiento que se generara en la estructura teniendo la misma fuerza aplicada de 150N sobre las bases de los contenedores, estas pruebas muestran resultados similares a los de las fuerzas verticales ya que las mayor fuerzas se soportaran en la parte superior.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

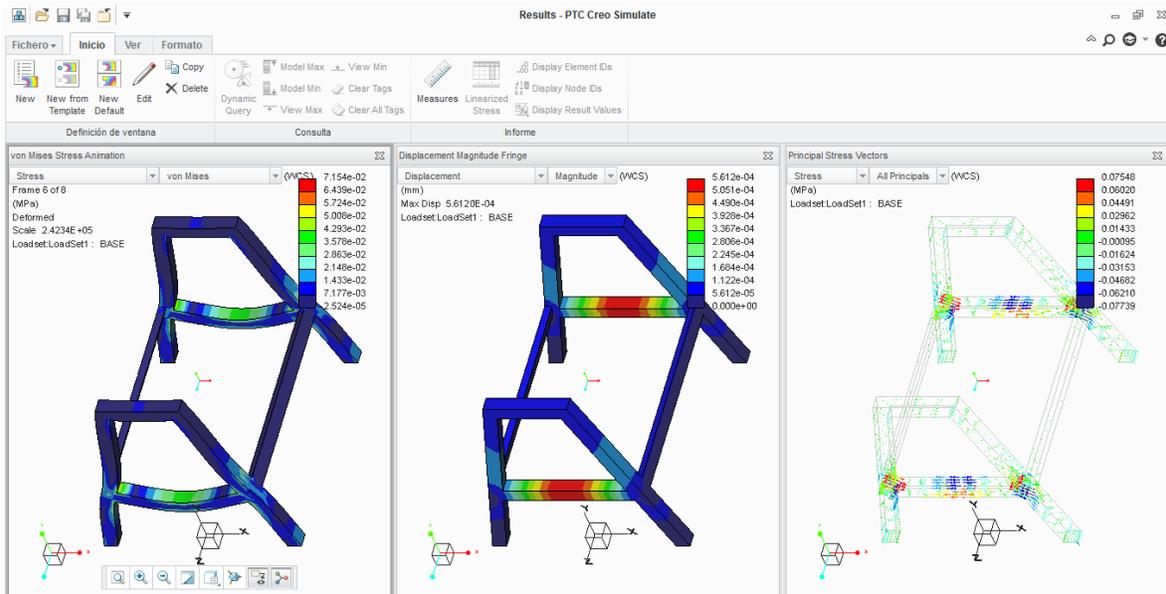


ILUSTRACIÓN 18. PRUEBA DE RESISTENCIA A LA BASE UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA)

En la ilustración 18 se muestra tres ilustraciones en la cuales se muestra en la primera la flexibilidad que tendrá la base cuando la fuerzas se apliquen a esta, en la segunda muestra el mayor punto de apoyo en la parte del contenedor de acetileno y en la tercera muestra los puntos que serán más críticos a la aplicación de la fuerza de 150 N.

1.1.1.4.1 Prueba para la tubería del oxidistribuidor

Para la tubería se realizan pruebas de resistencia y de temperatura, con las cuales se pretende analizar la resistencia de los contenedores con los cuales serán utilizados sin las válvulas por situaciones anteriormente nombradas, las fuerzas se aplican en la entrada y salida de los contenedores, tenemos el color verde distintivo para el oxígeno y amarillo distintivo para el acetileno. La aplicación de fuerzas para el contenedor (ver ilustración 19) de oxígeno tiene su punto de apoyo (puntos azules) en el cuerpo principal del contenedor, las fuerzas aplicadas de resistencia con 120N se aplican en la entrada y las 6 salidas del contenedor.

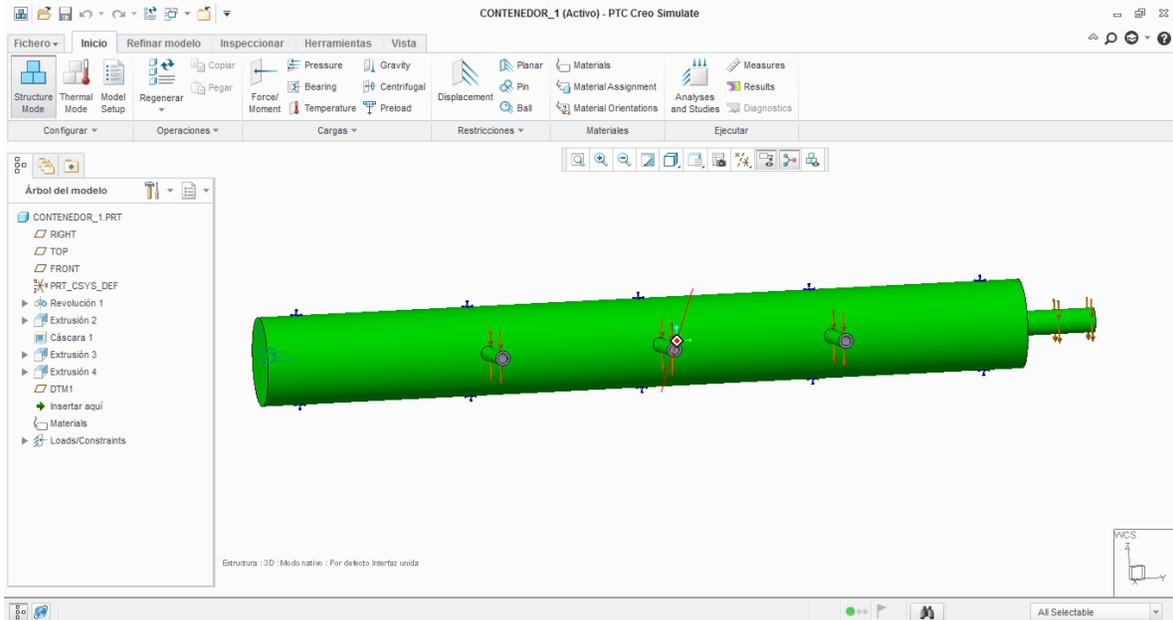


ILUSTRACIÓN 19. PRUEBA DE RESISTENCIA EN LA TUBERÍA DE OXIGENO UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

De la prueba de las fuerzas aplicadas de 150 N a la tubería anterior se obtiene que (ver ilustracion19) el punto de resistencia es el cuerpo principal y las fuerzas se aplican a las tuberías en las salidas y la entrada, se nota entonces que el punto mayor de la resistencia se aplica en la entrada de la tubería, la medida de desplazamiento se marca en mm.

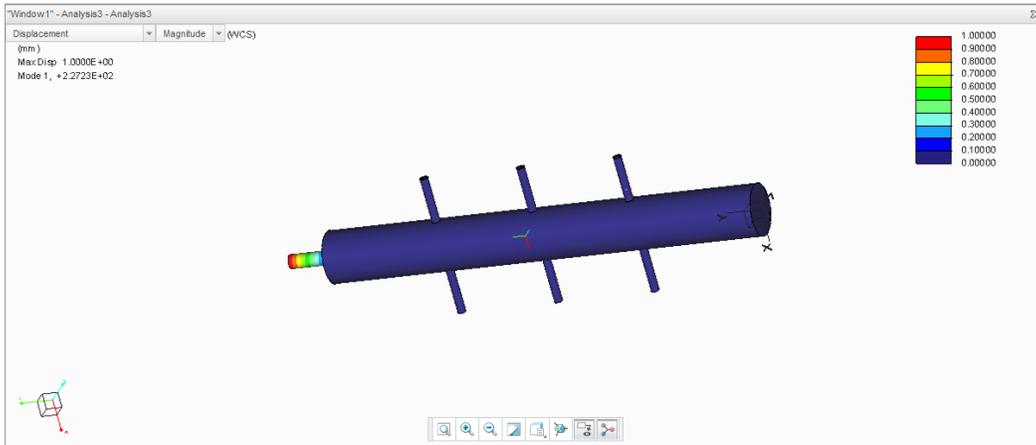


ILUSTRACIÓN 8 PRUEBA DE RESISTENCIA EN LA TUBERÍA DE OXIGENO UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

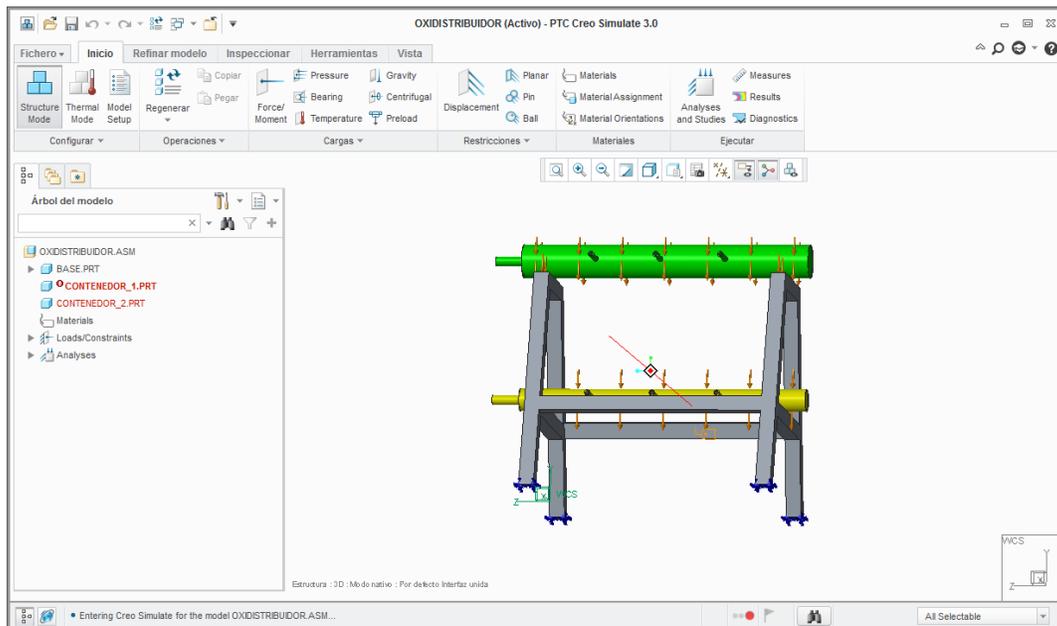


ILUSTRACIÓN 19. PRUEBA DE RESISTENCIA EN LA TUBERÍA DE OXIGENO UTILIZANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.1.1.4.1. Prueba de FEM con temperatura

Utilizando *creo simulation 3.0*, se realizan pruebas de calor, sin tener muchas variaciones y se define que el equipo puede trabajar a temperaturas ambiente que alcancen los 100 °C y no va a presentar ningún problema, (ver ilustración 20) a las que posiblemente estará expuesta la estructura durante la operación del oxidistribuidor, se toman también como referencias, las temperaturas de experiencia con el trabajo que se ha realizado antes con el prototipo del oxidistribuidor y nunca presento problemas conocidos.

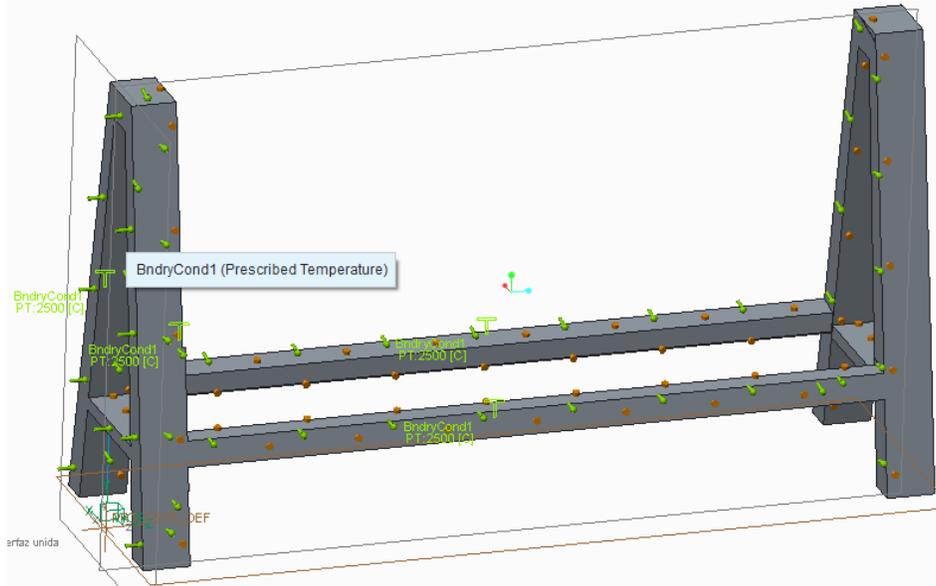


ILUSTRACIÓN 20. PRUEBAS CON EXPOSICIÓN DE CALOR USANDO FEA

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

Se muestra en la (ver ilustración 20) diferentes puntos de calor para hacer el estudio del comportamiento de la estructura a los cambios de temperatura. Se observa que los cambios son mínimos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.1.1.4.2. Prueba de FEM con aplicación de fuerzas

Se aplican diferentes tipos de fuerzas (ver ilustración 21) equivalentes a los pesos que soportara la base cuando se esté utilizando el oxidistribuidor, estas fuerzas son aplicadas en cada punto de la estructura para observar el comportamiento. Esta prueba se realiza para garantizar simplemente que la base puede soportar el peso de los cilindros, las válvulas y las mangueras que se conecten para el uso del oxidistribuidor, con el prototipo original de la empresa CRYOGAS se conoció un daño en el soporte ya que se fisura el material y se le atribuyo este daño al peso generado por los equipos, sin conocer más detalles.

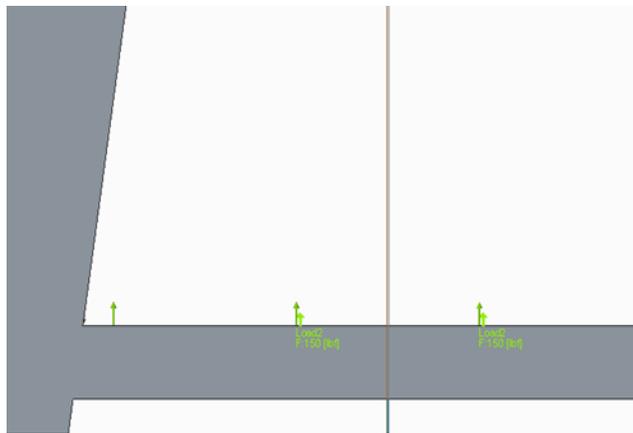


ILUSTRACIÓN 21. APLICACIÓN DE FUERZAS EN LA BASE

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

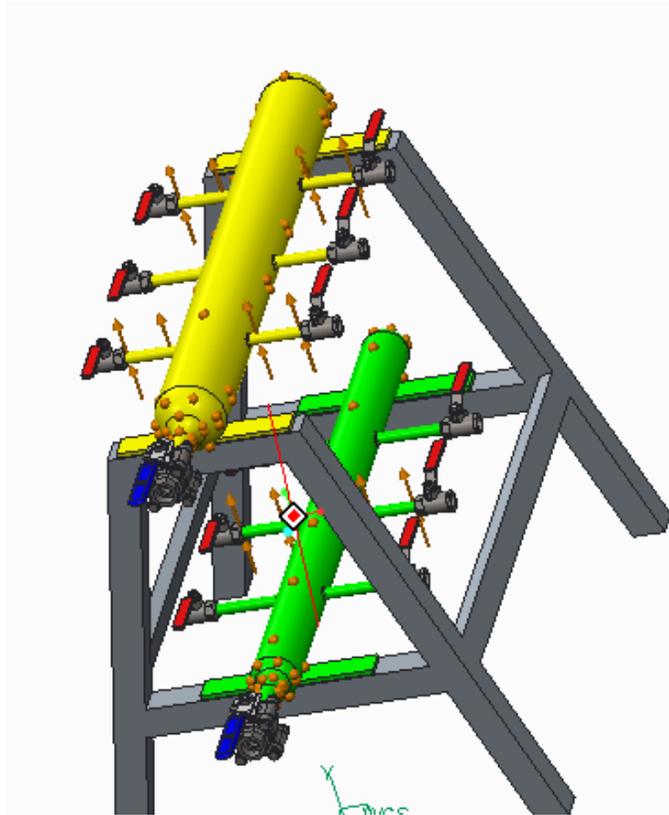


ILUSTRACIÓN 21. PRUEBA DE APLICACIÓN DE FUERZAS A LA TUBERÍA.

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

1.1.1.4.3. Prueba de FEM con aplicación de mallas.

Con este método de mallas (ver ilustración 22 se logra conocer puntos en la estructura donde se presenta mayor esfuerzo y mayor resistencia a la oposición de fuerzas que interferirán en la unión de las partes de la base y la unión de los otro elementos necesarios para el oxidistribuidor.

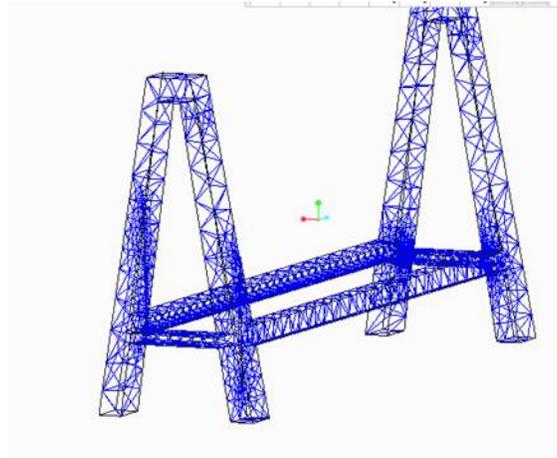


ILUSTRACIÓN 22. PRUEBA DE MALLA CON FEM

FUENTE: (ELABORACIÓN PROPIA).

1.1.2. Etapa 5

En esta etapa se crean dos protocolos de un procedimiento de soldadura (WPS) requeridos para realización de la estructura y la tubería en su proceso de soldadura utilizando para el oxidistribuidor. Esta se realizó con el apoyo de CRYOGAS los cuales facilitaron el formato y materiales para realizar las pruebas. Además de aportar un seguimiento real con la asesoría de un ingeniero experto en este proceso.

Donde se tiene para este WPS que se generó para realizar el procedimiento de soldadura en las tuberías de oxígeno y acetileno, El WPS especifica qué tipo de soldadura usaremos, en este caso oxiacetileno (OFW), esto de acuerdo en la norma ASME B31.3, procedimiento el cual se creó para el prototipo del oxidistribuidor realizado en CRYOGAS, el procedimiento es soportado por un PQR que es la calificación previa que se le realiza a este, En el procedimiento también se especifica el tipo de junta que se debe hacer que es tipo traslape lo que significa un material sobre otro, esto se dará para una tubería de media pulgada tipo K, el cual es el código de material para el cobre y finalizando el procedimiento encontramos el número de pasadas que se debe realizar en la soldadura y a los grupos a los cuales pertenece el material aporte.

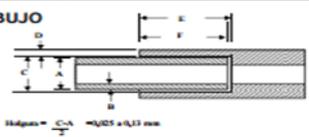
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ESPECIFICACION PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

BPS No OFWS107-01 CODIGO ASME B 31.3 (08)

Para: <u>CRYOGAS - GRUPO INDURA</u>	Fecha: <u>05-nov-15</u>
Soportado por registro (PQR) No: <u>OFWS107-02</u>	Fecha:
Proceso de soldadura: <u>OFW</u>	Tipo: <u>Manual</u>

V. E. (Variable esencial)

JUNTA Tipo: <u>Traslape</u> Longitud Traslape (F): <u>48 min.</u> Espacio Libre (Holgura): <u>0,025 a 0,13 mm</u> Material de respaldo: <u>N.A</u> Preparación de bisel: <u>N.A</u>	DIBUJO 
---	---

METALES BASE
 Especificación, tipo y grado B88 φ1/2" Tipo K a: B88 φ1/2" Tipo K
 P-N* 107 a: 107
 Rango de espesor calificado (mm.) de: 0,62 mm a: 2,49 mm
 Diámetro de tubería calificado (mm.) de: Todos

METAL DE APORTE

Pasada	<u>1-n</u>			
Grupo F	<u>102</u>			
Número A	<u>--</u>			
Esp. SFA	<u>5.8</u>			
Clase AWS	<u>BAG-35</u>			
Diámetro Aporte	<u>1/16"</u>			
Tipo	<u>Alambre</u>			
Fundente	<u>DSKF-100 (1801)</u>			
Marca Fab.	<u>N.A</u>			

Nombre: Ing Javier Marin Firma:  Revisión: 01
 Registro N*: AWS CWI -96050021  Hoja 1 de 2

ILUSTRACIÓN 23. PROCEDIMIENTO WPS COBRE.

FUENTE: FORMATO DE SOLDADURA CRYOGAS

Donde se tiene para este WPS que se generó para realizar el procedimiento de soldadura para la base del oxidistribuidor, El WPS especifica qué tipo de soldadura usaremos, en este caso arco eléctrico (GMAW), esto de acuerdo en la norma AWS D1.1, procedimiento el cual se creó para el prototipo del oxidistribuidor realizado en CRYOGAS, el procedimiento es soportado por un PQR que es la calificación previa que se le realiza a este, En el procedimiento también se especifica el tipo de junta que se debe hacer que es tipo a tope lo que significa un material junto a otro, esto se dará para un ángulo de 1/8" y finalizando el procedimiento encontramos el número de pasadas que se debe realizar en la soldadura y a los grupos a los cuales pertenece el material aporte.

ESPECIFICACION PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

WPS No GMAWP1-01 CODIGO AWS D1.1 - 2015

Para: <u>Cryogas S.A.</u>	Fecha: <u>08-oct-15</u>
Soportado por registro (PQR) No: <u>GMAWP1-02</u>	Fecha: <u>23-oct-15</u>
Proceso de soldadura: <u>GMAW</u>	Tipo: <u>Semiautomático</u>

V.E. (Variable esencial)

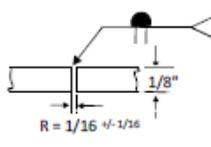
<p>JUNTA Tipo: <u>A tope</u> Geometría: <u>Cuadrada</u> Designación: <u>B-P1a-GF</u> Respaldo Si: <u> </u> No: <u>X</u> Material de respaldo: <u>N.A</u> Preparación de bisel: <u>N.A</u></p>	<p>DIBUJOS</p> 																																													
<p>METALES BASE Especificación, tipo y grado: <u>ASTM A 36</u> a: <u>ASTM A 36</u> Grupo: <u>I</u> Categoría: <u>A</u> a: Grupo: <u>I</u> Categoría: <u>A</u> Espesor de la Probeta: <u>1/8"</u> Rango espesor calificado a tope (mm) de: <u>1/8"</u> a: <u>1/4"</u> Rango espesor calificado a filete (mm) de: <u>1/8" a ilimitado</u> Diámetro tubería calificado (In.) de: <u>2" en adelante</u></p>																																														
<p>METAL DE APORTE</p> <table border="1"> <tr> <td>Pasada</td> <td>1-n</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grupo F</td> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Número A</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Esp. SFA</td> <td>5.18</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Clase AWS</td> <td>ER 70S-6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diámetro Aporte</td> <td>0.035"</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fundente</td> <td>N.A.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fabricante</td> <td>Indura</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marca Fab.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Pasada	1-n				Grupo F	6				Número A	1				Esp. SFA	5.18				Clase AWS	ER 70S-6				Diámetro Aporte	0.035"				Fundente	N.A.				Fabricante	Indura				Marca Fab.				
Pasada	1-n																																													
Grupo F	6																																													
Número A	1																																													
Esp. SFA	5.18																																													
Clase AWS	ER 70S-6																																													
Diámetro Aporte	0.035"																																													
Fundente	N.A.																																													
Fabricante	Indura																																													
Marca Fab.																																														
Nombre: <u>Ing. Javier Marín</u> Registro N°: <u>AWS - CWI - 96050021</u>	Firma:  	Revisión: Hoja 1 de 2																																												

ILUSTRACIÓN 24. PROCEDIMIENTO WPS BASE.

FUENTE: FORMATO DE SOLDADURA CRYOGAS

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ESPECIFICACION PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

WPS No GMAWP1-01 CODIGO AWS D1.1 - 2015

POSICIONES		PRECALENTAMIENTO																						
Posición (es) a tope:	2G	Temperatura mínima:	0° C																					
Posición (es) calificadas a tope:	plana y horizontal	Temp. entre pasadas:	120° C																					
Posición (es) calificadas a filete:	plana y horizontal	Mantenimiento del calor:	La soldadura																					
Técnica de la soldadura:	--																							
TRATAMIENTO TERMICO		GAS																						
Rango de temperatura:		Gas de protección:	Cryomig Media pen.																					
Tiempo mínimo:	N.A.	Composición:	SG-ACO-(10-15)/2																					
Veloc. Enfriamiento:	N.A.	Flujo:	25-35 pies ² /h																					
Procedimiento No:	N.A.	Gas de purga:	N.A.																					
CARACTERISTICAS ELECTRICAS																								
Tamaño y tipo del electrodo de tungsteno:	N.A.																							
Modo de transferencia en GMAW:	Corto Circuito																							
Velocidad del alambre-electrodo:	180-220 pulg/min																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Pase</th> <th>Proceso</th> <th colspan="2">Metal de aporte</th> <th colspan="2">Corriente</th> <th>Voltaje</th> </tr> <tr> <th>No</th> <th>Manual</th> <th>Clase</th> <th>Diámetro</th> <th>Polaridad</th> <th>Rango</th> <th>Rango</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1-n</td> <td>GMAW</td> <td>ER70S-6</td> <td>0.035"</td> <td>DCEP</td> <td>100-120</td> <td>16-18</td> </tr> </tbody> </table>				Pase	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje	No	Manual	Clase	Diámetro	Polaridad	Rango	Rango	1-n	GMAW	ER70S-6	0.035"	DCEP	100-120	16-18
Pase	Proceso	Metal de aporte		Corriente		Voltaje																		
No	Manual	Clase	Diámetro	Polaridad	Rango	Rango																		
1-n	GMAW	ER70S-6	0.035"	DCEP	100-120	16-18																		
TECNICA OPERATORIA																								
Pasada recta u oscilante:	Recta	Oscilación:	N.A.																					
Limpieza inicial:	Grata Metálica	Limpieza entre pasadas:	Grata Metálica																					
Método saneado posterior:	N.A.	Stick Out:	3/16" - 1/2"																					
Tamaño de la boquilla:	3/4"	Distancia entre boquilla y punta:	"± 1/16" por fuera de la boquilla																					
OBSERVACIONES:																								
La soldadura no deberá hacerse cuando se presenten condiciones que generen enfriamiento rápido.																								
Las uniones no tendrán ningún movimiento antes de que se hayan enfriado.																								
La estructura no se deberá mover hasta que no esté completamente terminado el pase de raíz.																								
Para lograr un Stick out tan pequeño se recomienda usar la punta de contacto por fuera de la boquilla																								
Nombre: Ing. Javier Marín	Firma:	 	Revisión:																					
Registro N°: AWS - CWI - 96050021			Hoja 2 de 2																					

ILUSTRACIÓN 24. PROCEDIMIENTO WPS BASE.

FUENTE: FORMATO DE SOLDADURA CRYOGAS

1.1.3. Etapa 6

En esta última etapa se realiza una evaluación y validación del diseño del banco de baterías de cilindros que van a suministrar el gas para el funcionamiento del oxidistribuidor, estos bancos se realizaron gracias a un diseño propio del área de ingeniería de CRYOGAS, basados en las normas BCGA y EIGA, de acuerdo a lo explicado

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

por ingenieros de la compañía y consignado en la ficha técnica del equipo. (Ver ilustración 25).

Esto no es parte fundamental de nuestro proyecto, ya que se menciona como suministro, pues en realidad el suministro se debe realizar con varios cilindros, lo realmente importante es garantizar las presiones y flujo de entrada al oxidistribuidor.

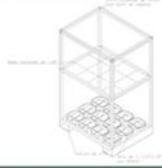
		FICHA TÉCNICA		REGISTRO:	ELECTRÓNICO Y FÍSICO
SOLUCIONES DE INGENIERÍA				CODIGO :	POSI.1101.R8
DESCRIPCIÓN	CANASTAS PORTA CILINDROS	PROD. QUE MANEJA	CILINDROS DE ACETILENO	UTILIZACIÓN	RED DE GASES
REFERENCIA	CANASTA PARA 12 CILINDROS, C2H2	CAPACIDAD	12 CILINDROS	CODIGO SAP	N/A
PROVEEDOR	C Y D LTDA CORTE Y DOBLEZ	CLIENTE	CERREJÓN	SOLICITANTE	ING ANDRES VALENCIA
ZONA DE UBICACIÓN	MEDELLÍN	UBICACIÓN	LA GUAJIRA	UBICACIÓN	MEDELLÍN
TELÉFONO	054-2356394	TELÉFONO	(5) 3505555	DIRECCIÓN	OF PRINCIPAL
INFORMACIÓN TÉCNICA CON EL CONTENIDO DEL MATERIAL					
DESCRIPCIÓN ITEM			OBSERVACIONES GENERALES DEL MATERIAL		
MARCA	N/A				
PLANO	020-A-00005-0001-004-01-0				
MATERIAL DE FABRICACIÓN	TUBERIA 40x40 mm; LÁMINA 1/8" x 1 1/2"				
UNIDAD DE MEDIDA	N/A				
PROCEDIMIENTO	N/A				
DIMENSIONES DEL MATERIAL	FRENTE=1105,4 mm ; FONDO=849 mm; ALTO=1920 mm				
PESO NETO	N/A				
PESO CON EMBALAJE	N/A				

ILUSTRACIÓN 25. DISEÑO DE BANCO DE BATERÍAS PARA OXIDISTRIBUIDOR

FUENTE: SOLUCIONES DE INGENIERÍA CRYOGAS

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La gran ventaja que tiene los desarrollos del nuevo milenio y el entorno en el que vivimos nos brinda la posibilidad de manejar la tecnología con muchos beneficios en el campo ingenieril, Los avances que se logran con este proyecto se principalmente la formación y el conocimiento que se tiene en seguridad de gases. Las normas y documentos explicados en el proyecto están presentados en inglés, lo cual hace que el conocimiento se extienda haciendo una buena interpretación de las normas para aplicarlas a nuestro trabajo

Como resultados específicos del proyecto se tienen los siguientes.

- 2.1. Se realizó el diseño del oxidistribuidor en CREO 3.0, este con diferentes medidas al prototipo creado por CRYOGAS, con el fin de optimizar espacio, peso y homogeneidad del gas. con el cual se realizaron pruebas de resistencia para ofrecer una competitividad mayor con respecto a la forma tradicional que se tiene para soldar en este tiempo presente.
- 2.2. El oxidistribuidor se realizó sin inconvenientes en el uso de CREO 3.0, ofreciéndonos un gran conocimiento y desarrollo sobre nuestras falencias que teníamos frente al diseño y manejo del software, el concepto se apreció con desarrollo e investigación para realizar una entrega con resultados esperados del diseño de nuestro proyecto.
- 2.3. Se realizaron pruebas en el diseño con una fuerza de 150 N para verificar el comportamiento en la estructura. El comportamiento de estos pesos no se muestra muy notorio ya que la base está construida en un material de hierro

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

(Fe60) que ofrece una gran resistencia. Las pruebas de temperatura presentaron también un concepto favorable en los cambios de deformación en la estructura del oxidistribuidor, esto considerado por las temperaturas ambientales a las que puede llegar a ser sometido el equipo.

- 2.4. Pruebas realizadas con los sistemas FEA fueron muy útiles para la comparación de los comportamientos que tenían las pruebas que aplicamos para esta estructura, los diferentes puntos y ubicaciones dadas para las pruebas de esta estructura, grandes fuerzas deberían ser aplicadas para lograr la deformación del diseño de nuestro proyecto.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

3. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- 3.1. Los oxidistribuidores crean un gran avance a la tecnología de la utilización de los materiales que se proponen para la construcción, aunque se tiene una limitación en la construcción de bases y tuberías y es dada por escasas de materiales o aleaciones que tenemos en el país. Lo que infiere en el desarrollo para la automatización del tiempo que se utiliza en los procesos a realizar con soldadura.

- 3.2. Siendo el oxidistribuidor un elemento sencillo tiene un gran impacto en la industria manufacturera gracias a su diseño que ofrece agilidad en transporte y más resistencia del elemento expuesto a diferentes áreas de trabajo. Ofreciendo en este un servicio eficaz, pero con la construcción del nuevo diseño se realizan procesos más ágiles y con mayor garantía en el proceso de soldadura ya que se garantiza una mezcla completamente homogénea de los gases.

- 3.3. El oxidistribuidor ofrece la posibilidad de tener todos los bancos de trabajo habilitados sin afectar la presión de los gases usados en este trabajo. Esto gracias a las baterías que se ofrecen para el soporte del trabajo del oxidistribuidor en líneas de gases no continuos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

REFERENCIAS

- AIR LIQUIDE. (2013). Oxígeno. En Enciclopedia de los gases. Recuperado el 29 de diciembre del 2015. De <http://encyclopedia.airliquide.com/encyclopedia.asp?LanguageID=9&CountryID=19&Formula=&GasID=48&btnMolecule.x=14&btnMolecule.y=9&UNNumber=&EquivGasID=48&PresionBox=&VolLiquideBox=&MasseLiquideBox=&VolGasBox=&MasseGasBox=&RD20=29&RD9=8&RD6=64&RD4=2&RD3=22&RD8=27&RD2=20&RD18=41&RD7=18&RD13=71&RD16=35&RD12=31&RD19=34&RD24=62&RD25=77&RD26=78&RD28=81&RD29=82>
- A. Ladino, (2008). SOLDADURA DE OXIGAS. Recuperado el 28 de diciembre del 2015. De <http://soxigas.blogspot.com/2008/04/soldeo-con-oxigeno-y-acetileno.html>
- A. Tura., Z Dong (2014) Introduction to Finite Element Analysis (FEA) or Finite Element Method (FEM) recuperado el 10 de abril del 2016. De http://www.engr.uvic.ca/~mech410/lectures/FEA_Theory.pdf
- Asociación de Gases Comprimidos Británica. (1971). End British Gases Compressed Association BCGA. Recuperado el 20 de Enero del 2016 17:00 PM. De [http://www.bcgga.co.uk/pages/index.cfmEIGA.\(s/f\)](http://www.bcgga.co.uk/pages/index.cfmEIGA.(s/f))
- Constru Sur, (2013). NTP 495: Soldadura oxiacetilénica y oxicorte: Normas de seguridad. Recuperado el 02 de enero del 2016. De <http://www.construsur.com.ar/News-sid-89-file-article-pageid-1.html>
- CRYOGAS (2012). Recuperado el 04 de enero del 2016. De imagen cortesía de CRYOGAS S.A
- E. F. Valero (2004). El método de los elementos finitos. Recuperado el 29 de enero del 2016. De <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6294/06Efv06de23.pdf?sequence=6>
- Editorial Limusa. (2001). Curso de capacitación en soldadura. Recuperado el 23 de diciembre del 2015. De https://books.google.com.co/books/about/Curso_de_capacitaci%C3%B3n_en_soldadura.html?id=GBxOB5PN6P8C&redir_esc=y

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

European Industrial Gases Association EIGA (2015). Recuperado el 20 de enero del 2016. De <https://www.eiga.eu/> 20 de Enero de 2016.

European Industrial Gases Association EIGA (2015). The safe design, manufacture, installation, operation and maintenance of valves used in liquid oxygen and cold gaseous oxygen systems. Recuperado 18 de febrero del 2016 De https://www.eiga.eu/index.php?id=294&tx_abdownloads_pi1%5Baction%5D=getviewdetailsfordownload&tx_abdownloads_pi1%5Buid%5D=1800&tx_abdownloads_pi1%5Bcategory_uid%5D=11&tx_abdownloads_pi1%5Bcid%5D=651&cHash=e711c284009932cc74b1973c0e91bb57/ 18 de febrero del 2016

F. P. Beer., E. R. Johnston, Jr., J. T. Dwolf., D. F. Mazurek.,(2010) Mecánica de materiales. Quinta edición. Recuperado el 15 de noviembre del 201. De <http://es.slideshare.net/MichaelFerneine/mecanica-de-materiales-beer-5th>

Frans (2014). Ball valve 2.5 inch. Recuperado el 03 de enero del 2016. De Gases industriales (2009) QUE SON LOS GASES INDUSTRIALES Y COMO SE PRODUCEN. (s/f). Recuperado el 25 de diciembre del 2015. De <https://gasesindustriales.wordpress.com/2009/03/16/que-son-los-gases-industriales-y-como-se-producen/>

Hibbeler, R. C. (2006) Mecánica de materiales sexta edición. Ed. Limusa, México.

Horbart institute of welding technology (2006). Histiry of welding. Recuperado el 02 de Enero del 2016 14:30 PM. De http://www.welding.com/history_of_welding.shtml
<https://grabcad.com/library/ball-valve-2-5-inch-1>

INFRASAL, (2015) Acetileno. Recuperado el 29 de diciembre del 2015. De <http://www.infrasal.com/gases/acetileno>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

M. Brunelli (2014). A quick History of PTC and PTC creo. Recuperado el 23 de enero de 2016. De <http://creo.ptc.com/?s=creo+history&searchsubmit.x=0&searchsubmit.y=0/>

M. Brunelli (2014). PTC Simulation Director Discusses Roadmap, Strategic Importance of PTC Creo Simulate. Recuperado el 23 de enero de 2016. De <http://creo.ptc.com/2014/04/02/ptc-simulation-director-discusses-roadmap-strategic-importance-of-ptc-creo-simulate/>

NFPA 55 (2008). National fire protection. NFPA 51, 51^a, 55 y 58. Medellin abril 17 de 2008. Por Giovanni pavas.

NTC 5197. (2003-10-22). Cilindros para gas. Cilindros transportables para acetileno disuelto inspección periódica y mantenimiento. Tomada de CRYOGAS el 20 de marzo del 2016.

PTC simulation (2016) PTC Creo Simulate Structure. Recuperado el 23 de marzo del 2016. De http://help.ptc.com/creo_hc/creo30_sim_hc/usascii/index.html#page/sim/simulate/getstart/getstart/reference/struct_prod.html

PTC (2016) PTC product & service advantage. Recuperado el 23 de enero de 2016. De <http://es.ptc.com/>

PTC creo (2016) PTC creo. Recuperado el 25 de enero del 2016. De <http://www.ptc.com/cad/creo>

Smith equipment (2016). The Little torch. Recuperado el 15 de Enero del 2016. De <http://www.smithequipment.com/>

S. A. Miller, (1965). Acetylene: Its Properties, Manufacture, and Uses. Recuperado el 28 de Diciembre de 2016. De <http://www.worldcat.org/title/acetylene-its-properties-manufacture-and-uses/oclc/3230355>

S. Barrientos(2014). Geral Pahl y Wolfgang Beitz. Recuperado el 14 de febrero del 2016. De <https://prezi.com/bs-evq5kvryp/geral-pahl-y-wolfgang-beitz/>

Varun (2013). 0.5 inch Ball valve. Recuperado el 03 de enero del 2016. De <https://grabcad.com/library/0-5-inch-ball-valve-1>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

APÉNDICE



INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Código	
Versión	
Fecha	

FIRMA ESTUDIANTES

FIRMA ASESOR

FECHA ENTREGA:

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO _____ ACEPTADO _____ ACEPTADO CON
MODIFICACIONES _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____