

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO VERIFICADOR PORTABLE
PARA MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES**

Juan Diego Díaz López

**Universidad Pontificia Bolivariana
Escuela de ingenierías
Facultad de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga, Colombia
2021**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO VERIFICADOR PORTABLE
PARA MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES**

Juan Diego Díaz López

**Informe de práctica empresarial para optar por el título de:
Ingeniero mecánico**

Oscar Yazit Salah García

Tutor Corporación CDT de gas

Sergio Andrés Gómez Suárez

Supervisor UPB

Universidad Pontificia Bolivariana

Escuela de ingenierías

Facultad de Ingeniería Mecánica

Bucaramanga, Colombia

2021

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO VERIFICADOR PORTABLE
PARA MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES**

Juan D. Díaz López

Departamento de investigación y desarrollo tecnológico, CDT de Gas

Facultad de ingeniería mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana

Notas de autor

Este proyecto ha sido financiado por la corporación centro de desarrollo tecnológico del gas, en la ciudad de Bucaramanga.

La correspondencia relacionada con este proyecto debe ser dirigida a Juan Diego Diaz López, Facultad de ingeniería mecánica, Universidad Pontificia Bolivariana.

Contacto: Juan.diegodiaz@outlook.com

Nota de Aceptación:

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, agosto de 2021

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PROTOTIPO VERIFICADOR PORTABLE PARA MEDIDORES DE GAS RESIDENCIALES

AUTOR(ES): juan diego Díaz López

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR(A): Sergio Andrés Gómez Suárez

RESUMEN

El presente documento tiene como propósito dar a conocer los detalles de la práctica empresarial desarrollada en la Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas – “CDT de GAS” durante periodo transcurrido desde 15 de enero al 15 de julio de 2021. Durante la práctica se logró adquirir experiencia profesional haciendo parte del “área de investigación y desarrollo tecnológico” de dicha entidad, en donde se ejecutaron tareas de ingeniería relacionadas con el desarrollo de diseños mecánicos, principalmente haciendo uso de herramientas de dibujo y simulación asistidas por computador. El trabajo central estuvo orientado al desarrollo de un prototipo de verificador portable para medidores de gas de uso residencial. Como requisito particular se planteó que la fabricación del prototipo fuera desarrollada empleando manufactura aditiva, de forma más concreta empleando el método de impresión 3D. Este documento presenta cada una de las etapas de desarrollo del probador desde el diseño hasta el proceso iterativo de mejora continua que se llevó a cabo en etapa de construcción. Así en este documento también se presentan algunas otras tareas de ingeniería complementarias desarrolladas durante el periodo de la práctica.

PALABRAS CLAVE:

Manufactura, impresión3D, investigación, desarrollo.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DESIGN AND CONSTRUCTION OF A PORTABLE
PROTOTYPE TESTER FOR RESIDENTIAL GAS METERS

AUTHOR(S): juan diego Díaz López

FACULTY: Facultad de Ingeniería Mecánica

DIRECTOR: Sergio Andrés Gómez Suárez

ABSTRACT

The purpose of this document is to disclose the details of the internship developed at the Gas Technological Development Center Corporation - "CDT de GAS" in the course of the period from January 15 to July 15, 2021. in the course of the internship, professional experience was acquired by being part of the "research and technological development area" of said entity, where engineering tasks related to the development of mechanical designs were executed, mainly using computer-assisted drawing and simulation tools. The main work was oriented to the development of a prototype of a portable tester for residential gas meters. As a particular requirement, it was proposed that the prototype fabrication be developed using additive manufacturing, more specifically using the 3D printing method. This document presents each of the development stages of the tester from the design to the iterative process of continuous improvement that was carried out in the construction stage. Some other complementary engineering tasks developed during the internship period are also presented in this document.

KEYWORDS:

Manufacturing, 3D printing, research development.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El área de investigación y desarrollo tecnológico de la Corporación CDT de GAS investiga en este momento el desarrollo de un verificador de gas de uso residencial el cual tiene como finalidad ampliar el alcance a procesos de verificación con el que cuentan entidades del sector del gas, el desarrollo debe contar con un sistema de generación de flujo, un medidor patrón, debe ser elaborado mediante manufactura aditiva y contener otros elementos requeridos para la correcta operación del equipo.

El objetivo principal de la práctica empresarial es diseñar e implementar cuerpos del prototipo verificador portable para medidores de gas residenciales, a partir de un diseño paramétrico propio que consiste en un mejoramiento constante a partir de cuatro etapas cíclicas

La primera etapa consiste en el establecimiento de parámetros en todos los aspectos requeridos en el desarrollo del equipo, posteriormente la etapa de diseño permitirá establecer una forma y solución a una gran parte de los requerimientos en la etapa de establecimiento de parámetros; la tercera etapa consiste en realizar un análisis y una optimización de lo desarrollado para finalmente llegar a la cuarta etapa de revisión en donde se da lugar a al debate, nuevas propuestas de mejoras y añadir nuevos requerimientos para finalmente dar inicio nuevamente al ciclo de mejoramiento continuo.

TABLA DE CONTENIDO

1	GLOSARIO	11
2	GENERALIDADES DE LA EMPRESA	14
2.1	MISIÓN	15
2.2	VISIÓN	15
2.3	SECTORES DE INFLUENCIA	15
2.4	SERVICIOS OFRECIDOS POR LA CORPORACIÓN CDT DE GAS	16
3	OBJETIVOS	19
3.1	Objetivo general	19
3.2	Objetivos específicos	19
4	MARCO TEORICO	20
5	ASPECTOS GENERALES DEL PROTOTIPO.	22
6	DESARROLLO DEL DISEÑO PARÁMETRICO	23
6.1	Metodología del diseño	23
6.2	Integración de parámetros	27
6.3	Diseño del panel para conexiones eléctricas y comunicaciones	29
6.4	Diseño para el panel frontal y pantalla táctil	30
6.5	Diseño sistema de generación	31
6.6	Diseño soporte sensor óptico	32
6.7	Análisis del diseño y simulación CFD para las líneas de flujo	33
6.7.1	Simulación para Q_{min} – límite de operación inferior	34
6.7.2	Simulación para Q_t – zona intermedia	34
6.7.3	Simulación para Q_{Max} – límite de operación superior	35
7	FABRICACIÓN Y ARMADO	36
7.1	Perfiles de impresión	36
7.2	Primeros modelos impresos	39
7.2.1	Cuerpo principal	39
7.2.2	Cubierta de pantalla táctil	42
7.2.3	Sistema de generación de flujo	43

7.2.4	Cubierta para conexiones eléctricas	45
7.3	Modelos finales impresos	46
7.3.1	Actualización cubierta para pantalla táctil	47
7.3.2	Actualización cubierta de conectores	48
7.3.3	Actualización sistema de generación	49
7.3.4	Actualización cuerpo principal	49
8	PRUEBAS OPERATIVAS	56
9	APORTES ADICIONALES	58
9.1	Trazado Conduit áreas clasificadas	58
9.2	Case ICU 1.0	60
9.3	Análisis dinámico de fluidos computacional CDF válvula de mariposa	63
9.4	Rectificador de flujo tipo Zanker	64
9.5	Estructura aligerada tipo lattice mediante fabricación aditiva	65
10	ANÁLISIS DE RESULTADOS	66
11	BIBLIOGRAFIA	68
12	ANEXOS	1
12.1	Anexo A: Graficas comparativas de selección para Blower del sistema de generación.	1
12.2	Anexo B: Tabla de resultados prover Corporación CDT de gas	2
12.3	Anexo C: tabla de datos para precisión intermedia	4
12.4	Anexo D: Planimetría trazados Conduit N.º 1, N.º 2, N.º 3	5
12.5	Anexo E: Selección y distribución de cofres para áreas clasificadas	13
12.6	Anexo F: Formato comprobante de verificación	16
12.7	Anexo G: Montaje conduit sitio Nº1	17
12.8	Anexo H: Montaje conduit sitio Nº2	18
12.9	Anexo I: Montaje conduit sitio Nº3	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Errores máximos permisibles para medidores de gas tipo diafragma – NTC 27	21
Figura 2 Esquema del prototipo para verificador de medidores de gas.	22
Figura 3 Metodología de diseño.	23
Figura 4 Primer Concepto de distribución del prototipo.	27
Figura 5 Diseño aprobado.	28
Figura 6 Ensamblaje – Explosionado, modelo tentativo cubierta de conectores.	29
Figura 7 Ensamblaje - Explosionado, modelo tentativo cubierta frontal.	30
Figura 8 Explosionado sistema de generación de flujo.	31
Figura 9 Diseño soporte sensor óptico.	32
Figura 10 Perfil intensidad de turbulencia en la línea de flujo.	33
Figura 11 Rectificador de flujo.	33
Figura 12 Trayectorias de flujo Q_{min} - intensidad de la turbulencia 0% - 10%.	34
Figura 13 Trayectorias de flujo Q_t - intensidad de la turbulencia 0% - 10%.	34
Figura 14 Trayectorias de flujo Q_{max} - intensidad de la turbulencia 0% - 30%.	35
Figura 15 Capa 170 - Vista de capas por tipo de línea en cura.	36
Figura 16 Impresión representativa con ángulos en voladizos.	37
Figura 17 Discos para contrarrestar fenómenos de deformación.	40
Figura 18 Fenómeno de deformación posterior al uso de discos.	40
Figura 19 Impresión de modelo tentativo para la cubierta frontal.	42
Figura 20 Impresión de modelo tentativo para cubierta posterior de pantalla.	42
Figura 21 Impresión de modelo tentativo sistema de generación.	43
Figura 22 Detalle conectores cubierta posterior.	45
Figura 23 Impresión modelo final para cubierta frontal.	47
Figura 24 Pruebas operativas sistema de generación y conectores.	48
Figura 25 Impresión final sistema de generación.	49
Figura 26 Impresión final cuerpo principal.	49
Figura 27 Retiro de soporte y lijado de las superficies comprometidas.	50
Figura 28 Placas para restringir la deformación por temperatura.	51

Figura 29 Preparación para verter capas de resina epoxica.	51
Figura 30 Niveles de capas de resina epoxica.	52
Figura 31 Llenado de resina.	52
Figura 32 Integración de remaches y puntos de anclaje.	53
Figura 33 Acabado superficial en epóxico.	53
Figura 34 Despiece real del prototipo.	54
Figura 35 Prototipo real ensamblado.	55
Figura 36 Primer lote de prototipos.	55
Figura 37 Montaje operativo Real V/s montaje CAD.	56
Figura 38 Embalaje equipos verificador.	57
Figura 39 Trazado Conduit locación N.º 1.	58
Figura 40 Detalle cofre nema 4 - Estructura panel solar.	59
Figura 41 Trazado Conduit locación Nº2.	59
Figura 42 Cofre Nema 4.	59
Figura 43 CAD Case ICU 1.0 diseño final de la primera versión.	60
Figura 44 Ensamblaje evolutivo ICU.	60
Figura 45 Explosionado case electrónica ICU.	61
Figura 46 Estructuras para cofre NEMA 7 y cofre NEMA 4.	62
Figura 47 Distribución de los elementos para cofre NEMA 4.	62
Figura 48 Sección para análisis CDF en equipo verificador 250 metro cubico hora.	63
Figura 49 Corte longitudinal durante la intensidad de turbulencia.	63
Figura 50 Corte longitudinal durante la longitud de turbulencia.	63
Figura 51 ángulos para círculos de trazado	64
Figura 52 Rectificador impreso tipo Zanker.	64
Figura 53 Estructura impresa tipo lattice.	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Parámetros de manufactura	24
Tabla 2	Parámetros operativos	25
Tabla 3	Parámetros geométricos	26
Tabla 4	Piezas cubierta de conectores	29
Tabla 5	Piezas cubierta frontal	30
Tabla 6	Piezas sistema de generación de flujo	31
Tabla 7	Parámetros de análisis CFD para Q_{min}	34
Tabla 8	Parámetros de análisis CFD para Q_t	34
Tabla 9	Parámetros de análisis CDF para Max	35
Tabla 10	Parámetros específicos del perfil de impresión para el cuerpo principal	38
Tabla 11	Conexiones Cubierta posterior	45
Tabla 12	Cantidades por capas de resina epoxica	52
Tabla 13	Cantidad y posicionamiento de O-ring	54
Tabla 14	Elementos contenidos por embalaje	57
Tabla 15	Elementos case ICU	61
Tabla 16	Parámetros de diseño rectificador de flujo tipo Zanker	64

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: Graficas comparativas de selección para Blower del sistema de generación.

ANEXO B: Tabla de resultados prover Corporación CDT de gas

ANEXO C: tabla de datos para precisión intermedia

ANEXO D: Planimetría trazados Conduit N.º 1, N.º 2, N.º 3

ANEXO E: Selección y distribución de cofres para áreas clasificadas

ANEXO F: Formato comprobante de verificación

ANEXO G: Montaje conduit sitio N°1

ANEXO H: Montaje conduit sitio N°2

ANEXO I: Montaje conduit sitio N°3

1 GLOSARIO

Master Meter (MM): Instrumento de referencia.

Meter Under Test (MUT): Instrumento sometido al proceso de calibración.

Swirl: Fenómeno de flujo en una sección de tubería que se ve afectada por unos vectores en forma de espiral durante su trayectoria al desarrollarse.

Wrapping: Fenómeno de deformación durante la impresión 3D muy frecuente en situaciones en las que se imprimen piezas de gran tamaño con materiales como ABS; Generalmente las esquinas de la pieza tienden a deformarse hacia arriba, provocando que se desprenda de la cama de impresión y en el peor de los casos provocando la pérdida de la misma.

Cracking: Fenómeno de separación de capas que se evidencia como separación en secciones aleatorias de un modelo y se da lugar por circunstancias tales como una altura de capa superior al 80% del diámetro de salida de la boquilla, o la temperatura del material no es la indicada por el fabricante e impide la adherencia entre capas.

Stringing: Se evidencia por la aparición de hilos muy finos de material enlazando diferentes secciones de material de manera que se dispone entre capas normalmente cuando se da

lugar a capas de menor tamaño o longitud o una temperatura elevada en la boquilla de impresión.

SolidWorks CDF: SOLIDWORKS Flow Simulation es una solución de dinámica de fluidos computacional (CFD, del inglés "Computational Fluid Dynamics") integrada en SOLIDWORKS 3D CAD que le permite simular de forma rápida y sencilla flujos de líquido y gas a través y alrededor del diseño para calcular así el rendimiento y las capacidades del producto.

Cura: Es una aplicación diseñada para impresoras 3D en la que se pueden modificar los parámetros de impresión y después transformarlos a código G.

Perfil de flujo: Se refiere a la distribución de la velocidad dependiente de la ubicación en una sección transversal de un flujo. Define una diferencia entre perfiles permanentes y no permanentes

ABS: Acrilonitrilo butadieno estireno, el material de impresión ABS se ha formulado específicamente para minimizar las deformaciones y garantizar una adhesión uniforme entre capas.

PCB: Las placas de circuito impreso

Área clasificada: Área en donde existe un riesgo de explosión y que requiere precauciones en el desarrollo de actividades en sus inmediaciones.

NEMA7: Caja envolventes a prueba de explosión que se utilizan en instalaciones eléctricas en áreas peligrosas (clasificadas) en donde existe presencia de gases inflamables, vapores o polvos combustibles; en el que la exposición a estas atmósferas puede ser continua, periódica o intermitente en condiciones normales de operación.

NEMA4: Cajas Usadas en instalaciones eléctricas conduit expuestas a la intemperie, contra humedad, polvo, lluvia y corrosión.

2 GENERALIDADES DE LA EMPRESA

El CDT de Gas es una institución sin ánimo de lucro, autónoma e independiente, con reconocimiento como CDT por parte de Minciencias (reconocimiento vigente: Resolución 0334 de 2018 de Colciencias). El CDT de Gas fue creado en diciembre de 1999, y a lo largo de su historia no ha contado con una fuente constante de recursos proveniente de ningún gremio o institución. Por consiguiente, el CDT de Gas debe ofrecer productos y servicios que le permitan ser sostenible, de manera que pueda invertir los excedentes que obtenga en la ejecución de sus actividades focales: investigación aplicada y desarrollo tecnológico. [1].

En el pasado, el CDT de Gas ha podido recibir y ejecutar algunos recursos provenientes de Colciencias para su fortalecimiento institucional, específicamente gracias a las convocatorias de fortalecimiento entre 2008 y 2013. La Corporación CDT de Gas ha participado en seis convocatorias de fortalecimiento a centros de desarrollo tecnológicos, en las cuales ha logrado disponer de recursos y se han logrado resultados muy positivos en cuanto a resultados generados y su impacto [1].

El camino recorrido por el CDT de Gas sirve como una muestra del impacto positivo que tiene el apoyo por parte del sector público, sobre el incremento de resultados y el crecimiento de las OIT sin ánimo de lucro, y permite recordar la importancia de aprovechar adecuadamente los recursos disponibles, buscando priorizar el apoyo en instituciones que ya han desarrollado experiencia y tienen impactos demostrables en CTel en sus sectores de interés [1].

2.1 MISIÓN

Somos un equipo de trabajo comprometido, audaz e innovador, que brinda soluciones a retos de la industria por medio de la metrología aplicada, el desarrollo de tecnología, la apropiación y transferencia de conocimiento, la aplicación de IoT y la formación de competencias de personal, para contribuir al crecimiento y el desarrollo sostenible del país [2].

2.2 VISIÓN

En el 2025, el CDT de Gas será una institución sólida, humana y efectiva, reconocida internacionalmente por sus desarrollos tecnológicos, gestión del conocimiento y soluciones en metrología aplicada, que apoye a la industria en la transición energética y la inmersión en la cuarta revolución industrial [2].

2.3 SECTORES DE INFLUENCIA

El principal foco de acción ha sido el sector gas; sin embargo, los desarrollos y competencias institucionales se han puesto al servicio del país, cubriendo hoy día sectores tales como:

- Producción, refinación, procesamiento, transporte y distribución de gas e hidrocarburos.
- Grandes consumidores de gas natural: termoeléctricas y petroquímicas.
- Usuarios industriales (alimentos, metalmecánica) y usuarios comerciales del gas.
- Sector vehicular (EDS-GNV, talleres de conversión, etc.).
- Sector del gas licuado del petróleo.
- Entes Reguladores y de Control.

- Entes del sistema nacional de calidad: Acreditadores, Normalizadores, Certificadores, y Organismos de Inspección.
- Laboratorios de investigación, calidad, calibración y ensayos.
- Fabricantes y proveedores de insumos, equipos y servicios para el sector gas y la industria en general.
- Universidades y sector académico.[2].

2.4 SERVICIOS OFRECIDOS POR LA CORPORACIÓN CDT DE GAS

- **Metrología física:** Con un proceso iniciado hace más de 15 años, el CDT de Gas ha desarrollado las capacidades y competencias necesarias para ofrecer servicios de calibración de diferentes equipos y sistemas de medición utilizados en la industria, contribuyendo a la confiabilidad y la calidad en los procesos, productos y servicios, y a la diseminación de la trazabilidad en distintas magnitudes físicas. [3].
- **Metrología química:** Comprometidos con la optimización de los procesos de medición de las propiedades fisicoquímicas que determinan la calidad de los gases combustibles, y que a su vez dan una indicación de su energía contenida, hemos implementado y desarrollado a lo largo de los años una serie de procesos que incluyen la infraestructura, los procedimientos y la competencia del personal requeridos para brindar a la industria servicios tecnológicos de alta calidad.[4].
- **Laboratorio de ensayos:** Durante más de 12 años, el CDT de GAS ha desarrollado absoluta credibilidad y competencia para generar los métodos y procedimientos

adecuados, que permitan evaluar equipos y accesorios utilizados en la industria, verificando el cumplimiento de las características de funcionamiento, resistencia y operatividad, entre otras, de acuerdo con los requisitos establecidos en los estándares respectivos; con ello contribuimos al mejoramiento de la calidad de procesos, productos y servicios, brindando apoyo al plan de masificación del gas natural en Colombia, en beneficio de los sectores productivos y de la seguridad social en general.[5].

- **Soluciones tecnológicas:** Brindamos apoyo integral en ingeniería para la optimización de sistemas de medición de fluidos y en el diseño y suministro de accesorios, orientados a cumplir con los requerimientos establecidos en la normativa de referencia aplicable y los aspectos contemplados en las reglamentaciones nacionales, como las resoluciones CREG 071 de 1999 (Reglamento Único de Transporte de Gas Natural - RUT) y CREG 067 de 1995 (Código de Distribución de Gas Combustible por redes) y sus respectivas actualizaciones. Diseñamos, seleccionamos e integramos los componentes necesarios para la construcción de bancos de calibración de medidores de cantidad de gas, con experiencia y calidad demostradas. Estamos comprometidos con el incremento de la competitividad del sector gas y otros sectores productivos.[6].
- **Capacitaciones:** Nuestros programas de formación especializada han sido diseñados para satisfacer necesidades de los sectores productivos, especialmente de los sectores de hidrocarburos y metrología, poniendo a su servicio un grupo de

profesionales y especialistas con amplia experiencia nacional e internacional, tanto en la teoría como en la aplicación real de las temáticas tratadas.[7].

- **Organismo de inspección:** Ofrecemos el servicio de evaluación de la conformidad de sistemas de medición, por medio de un Organismo de Inspección independiente, imparcial y competente, acreditado por el ONAC. De esta manera, contribuimos a la construcción de confianza en el intercambio de procesos, productos y servicios, y de esta manera favorecemos la competitividad a nivel nacional e internacional de nuestros clientes.[8].
- **Desarrollo de software:** Contamos con experiencia en el desarrollo de software a la medida para satisfacer necesidades de gestión de mediciones, de soporte a sistemas de medición y de análisis de balances de material, entre otras. Nuestras herramientas se entregan analizadas, implementadas, validadas y documentadas.[9].
- **Responsabilidad ambiental:** Presentamos soluciones de evaluación energética y ambiental, con el objetivo de contribuir a la sostenibilidad de los procesos industriales. Estas soluciones permiten incrementar la productividad, reducir las pérdidas, fortalecer el desempeño ambiental, y mejorar las condiciones de seguridad industrial y salud ocupacional en nuestros clientes.[10].

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar cuerpos del prototipo verificador portable para medidores de gas residenciales, a partir de un diseño paramétrico propio de sus elementos contenidos y de sus características constructivas para asistir las tareas de medición y calibración en un único módulo portable.

3.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar las condiciones operacionales actuales de los elementos contenidos en el prototipo con el objetivo de determinar las problemáticas de mayor importancia.
- Evaluar las condiciones y los parámetros requeridos por la herramienta para mitigar las problemáticas detectadas durante su fabricación y vida útil.
- Diseño del prototipo como un único módulo multifuncional portable empleando el software de dibujo mecánico SolidWorks.
- Construcción del prototipo de acuerdo con el diseño paramétrico empleado y comprobación de su rendimiento.

4 MARCO TEORICO

Los medidores de diafragma encuentran sus raíces en el medidor de desplazamiento positivo de tipo húmedo desarrollado por Samuel Clegg a mediados de 1815, quien después de mejorarlo, lo patentó como “New hydraulic gas meter”. En 1844, William Richards y el Sr. Croll patentaron el medidor de desplazamiento seco. Su medidor tenía dos diafragmas móviles, dos válvulas deslizantes y un índice dial. Thomas Glover mejoró el diseño, este medidor llegó a conocerse como “Glover two-diaphragm”. El diseño del medidor básico del Sr. Glover todavía está en uso hoy en día [11].

Antes de 1990 se utilizaban medidores de gas con diafragma de origen natural, los cuales presentaban errores significativos relacionados con la disminución del rendimiento del diafragma por el propio desgaste; Para 1990 los diafragmas naturales fueron reemplazados por sintéticos, esperando que fueran más resistentes al desgaste, garantizando entonces un funcionamiento metrológico más estable. [11].

Los medidores de gas tipo diafragma fabricados hoy representan años de evolución en el diseño; Gracias a las mejoras tecnológicas en áreas como la fundición de aluminio, la metalurgia en polvo, la ingeniería plástica, el diseño de sellos como también avances realizados en otros campos de la ingeniería como la electrónica y los sistemas de comunicación se han incorporado en los medidores más avanzados.[11].

El principio de operación de los medidores de desplazamiento positivo consiste en el proceso de llenando y vaciado una o más cámaras de volumen definido, siguiendo una secuencia regular (cíclica). El gas que fluye dentro del medidor llena el espacio interior de la carcasa y pasa hacia el lado abierto donde se encuentran las válvulas deslizantes de uno de los lados de la cámara de medición, el otro lado se encuentra conectado a la salida.[11].

El medidor de diafragma se caracteriza por presentar alto error de medición a caudales bajos, cerca de su límite de operación inferior también llamado Q_{min} . Existe una zona intermedia con un comportamiento óptimo con un comportamiento lineal lo que sugiere un error bajo y una tercera zona cerca del límite de operación superior el cual obedece al caudal máximo o Q_{max} en donde el error empieza a aumentar nuevamente.[11]

CAUDAL	MÁXIMOS ERRORES PERMITIDOS	
	VERIFICACIÓN INICIAL	EN SERVICIO
$Q_{\text{mínimo}} \leq Q < 0,1 Q_{\text{máximo}}$	$\pm 3 \%$	- 6 % + 3 %
$0,1 Q_{\text{máximo}} \leq Q < Q_{\text{máximo}}$	$\pm 1,5 \%$	$\pm 3 \%$

Figura 1 Errores máximos permisibles para medidores de gas tipo diafragma – NTC 2728

En la figura 1 se puede observar los errores máximos permisibles según la OIML R 137, estos criterios para los EMP son aplicados como criterio de aceptación en procesos de verificación y en este caso como validación del modelo.

5 ASPECTOS GENERALES DEL PROTOTIPO.

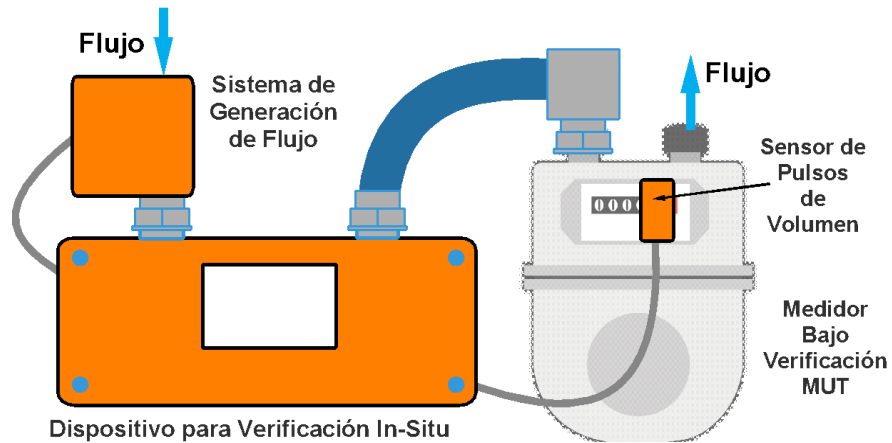


Figura 2 Esquema del prototipo para verificador de medidores de gas. Fuente: Autor

El prototipo objeto a desarrollar dentro de práctica empresarial se puede describir mediante el esquema de la Figura 2. Se trata de un dispositivo patrón de medición, el cual está dotado de un conjunto de instrumentos de medición de flujo volumétrico de gas, presión y temperatura y un sistema de generación de flujo de aire; y tiene como propósito obtener el error de medición del medidor de gas bajo prueba a diferentes tasas de flujo de manera automática.

Para tal propósito el dispositivo tiene integrado un sistema de control y adquisición de datos embebido (una tarjeta electrónica desarrollada para el equipo) capaz de registrar y dar seguimiento a las variables de control en tiempo real.

6 DESARROLLO DEL DISEÑO PARÁMETRICO

6.1 Metodología del diseño



Figura 3 Metodología de diseño. Fuente: Autor

La metodología descrita obedece a los requerimientos dentro del entorno investigativo y dando prioridad al desarrollo tecnológico, se adopta una constante evaluación y reevaluación a lo largo de todo el proceso y de manera cíclica se pretende lograr una evolución constante en todos los estabones de la metodología de manera que nos permita una transformación constante del equipo a partir de mejoras para todas las etapas; Por esta razón no se da protagonismo en la metodología a tareas estrictamente relacionadas con la fabricación y se llega a esta ultima una vez concluidos múltiples ciclos de la metodología propuesta.

En la etapa de establecimiento de parámetros (ver figura 2), se definen dimensiones para cada uno de los elementos individuales del modelo adecuándose así al volumen de impresión propio de la impresora ultimaker 2+ (8.8 x 8.8 x 12 pulgadas) y conservando tanto funcionalidad como estética, de este modo se definen parámetros de manufactura de la siguiente manera.

- Parámetros de manufactura.

PM1	Volumen de impresión
PM2	Optimización del carrete de impresión
PM3	Material Plástico
PM4	Tiempo de impresión
PM5	Modelo de impresora disponible
PM6	Vectorizados en G-CODE
PM7	Ángulos de voladizo

Tabla 1 Parámetros de manufactura

Los parámetros operativos se definieron en su mayoría a partir de las variables de trabajo propias de los elementos contenidos, el correcto desarrollo del flujo y especificaciones dadas por el material de impresión logrando estructura firme con el mínimo de material posible y que a su vez fuese posible integrarla con materiales añadidos.

- Parámetros operativos.

PO1	Longitudes para el correcto desarrollo del flujo
PO2	Obtener caudales entre 4 l/min y 41 l/min
PO3	Conexiones rápidas con elementos de fácil consecución en el mercado
PO4	Portable, tamaño y peso reducido para ser transportado por un operario
PO5	Adquisición de pulsos
PO6	Facilidad para instalar un medidor
PO7	Cuerpo con estabilidad durante la calibración
PO8	Diseño frontal que permita al operario visualizar fácilmente el contenido de la pantalla
PO9	Sistema de generación de flujo que permita obtener cada una de las tasas de flujo requeridas (aire a condiciones atmosféricas)
PO1	El Sistema de verificación debe garantizar una conexión del medidor de forma rápida, segura y con el nivel de hermeticidad apropiado al proceso
PO1	Diseño posterior para facilitar las conexiones eléctricas

Tabla 2 Parámetros operativos

Los parámetros geométricos obedecen a los requerimientos de medida orientados a perfeccionar la línea de flujo en un espacio mínimo de material considerando la rugosidad estimada en las paredes para lograr el desarrollo adecuado del flujo, un centro del modelo dividido y hueco capaz de albergar la electrónica necesaria y al mismo tiempo garantizar un sello y posicionamiento del Medidor de flujo digital de baja caída de presión, así mismo, la disposición y configuración en puntos de anclaje comunes para múltiples elementos.

- Parámetro geométrico

PG1	Espacio para tarjeta electrónica y pantalla
PG2	Espacio para conectores eléctricos externos
PG3	Perfil de flujo establecido
PG4	Facilidad para mantenimiento de tarjeta electrónica
PG5	Hermeticidad
PG6	Integración del medidor patrón
PG7	Estética
PG8	Diseño que permite agarrar firmemente el equipo al ser manipulado

Tabla 3 Parámetros geométricos

6.2 Integración de parámetros

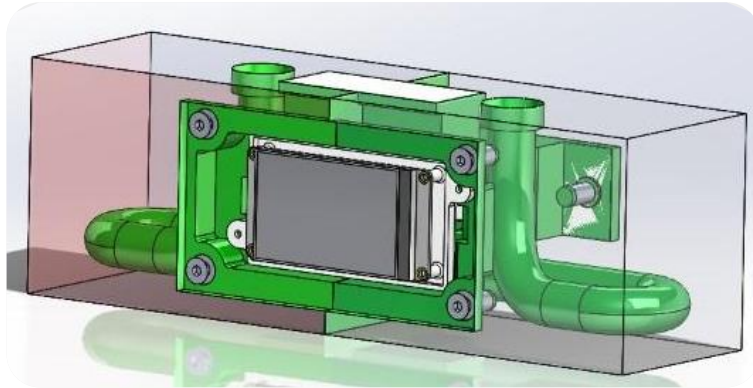


Figura 4 Primer Concepto de distribución del prototipo. Fuente: Autor

Las características del manifold se diseñaron con la intención de mitigar las pérdidas por accesorios propias en un sistema de tuberías convencional, considerando la flexibilidad de prototipado con el que se cuenta en la impresión 3d, es decir, la posibilidad de integrar geometrías capaces de incidir en el desarrollo del flujo en altos y bajos caudales para lograr los resultados deseados y a su vez dando solución a los parámetros PO1 y PO2.

Así mismo, se consideraron longitudes exigidas por el medidor de flujo digital para el correcto desarrollo del flujo, estas medidas determinaron las longitudes primarias del prototipo satisfaciendo el parámetro PO4.

Una vez establecido las longitudes primarias, se infieren las dimensiones apropiadas para integrar al modelo los elementos necesarios para la operación de los protocolos de comunicación y lectura de variables dando cumplimiento a los parámetros PG2 y PG1.

La primera muestra CAD del prototipo (ver figura 4) se centra en mimetizar las partes como un solo cuerpo, dimensionar, establecer y limitar sus medidas, áreas y formas en función del volumen de impresión e integrar el diseño paramétrico en un concepto, una vez establecido este punto se tiene noción de las limitantes de forma muy detallada y así mismo las soluciones a estas limitantes abordando los parámetros PG8, PM5, PM1; Logradas las especificaciones y abordar las metas estructurales se propusieron nuevas metas asociadas a la impresión abordando así aspectos estructurales, implementación de nuevos materiales, solidez y estética, requerimientos relacionados con los parámetros PM3, PM5, PM2.; Las especificaciones necesarias para su construcción básica, se aborda también desde una perspectiva orientada a la estética (ver figura 5), se realizó un análisis estimando la manipulación a la que estaría sujeto y lograr una estabilidad en superficie a partir de una amplia área de contacto y un centro de masa bajo. Parámetros abordados, PG7, PG8, PO7.

La superficie exterior se modificó a partir de los ángulos de voladizo de los soportes en el software cura y los ángulos de voladizo límites propios del proceso de impresión en la impresora ultimaker 2+. Parámetros abordados, PM7, PM4.



Figura 5 Diseño aprobado. Fuente: Autor

6.3 Diseño del panel para conexiones eléctricas y comunicaciones

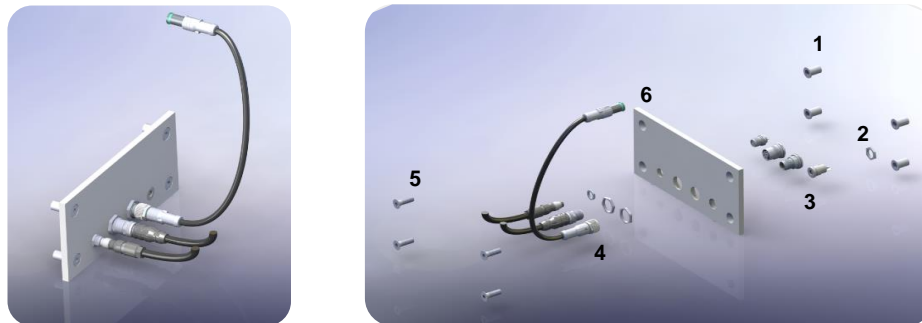


Figura 6 Ensamblaje – Explosionado, modelo tentativo cubierta de conectores. Fuente: Autor

N.º pieza	Descripción	Und
1	Remache de acero M6	4
2	Contra tuerca conexiones eléctricas	4
3	Conectores hembra	4
4	Conectores macho	4
5	Tornillo 7991 Din M6 x 25	4
6	Cubierta de conectores	1

Tabla 4 Piezas cubierta de conectores

El modelo considera los puntos de anclaje comunes con otros cuerpos de manera que se integre y de soporte a los mismos como se aprecia en la figura 6, por otra parte, la cara interior es ranurada para ajustar y mantener fijos los conectores hembra para que estos no estén en juego durante su uso prolongado y evitar la posibilidad de que el termo ajustable se tense y las soldaduras se pierdan, finalmente en la cara exterior de la cubierta se fijan las contratuercas. (parámetros abordados: PO5, PO6, PG4, PO11)

Como parte de la estética del equipo se decidió emplear tornillería DIN 7991 por su facilidad de integrarse al cuerpo sin salientes, de esta manera se realizaron avellanados de acuerdo a las dimensiones propias de los tornillos y sus respectivas tolerancias.

6.4 Diseño para el panel frontal y pantalla táctil

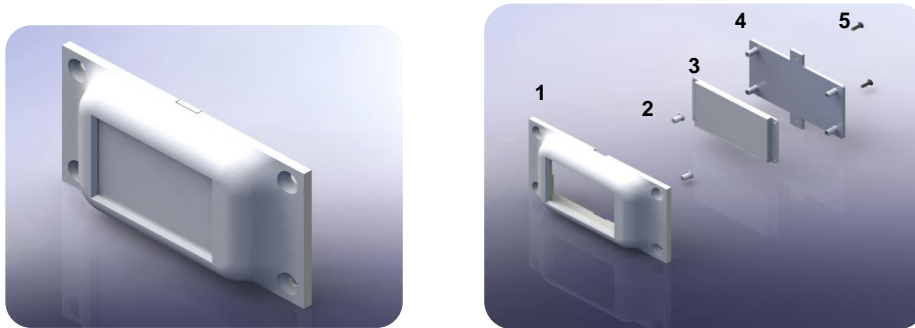


Figura 7 Ensamblaje - Explosionado, modelo tentativo cubierta frontal. Fuente: Autor

N.º pieza	Descripción	Und
1	Cubierta frontal	1
2	Remache de acero M3	2
3	Pantalla táctil 3.5"	1
4	Cubierta posterior de pantalla	1
5	Tornillo 7991 Din M3 x 8	2

Tabla 5 Piezas cubierta frontal

El modelo sugiere un cuerpo saliente en donde dará sostenimiento una pantalla táctil de 3.5 pulgadas y nos permite disponer del espacio al interior del prototipo entre las líneas de flujo, el modelo. Dispone de pines para sujeción a partir de los puntos de anclaje de la pantalla (ver figura 7) y se mantiene sobre la vertical a partir de una cubierta posterior a la pantalla que se fija con tornillería M3 x 8, se establecen dos puntos de anclaje entre cubiertas. Parámetros abordados, PM7, PO8, PG1. Continuando con la intención en el manejo de la apariencia, se emplean tornillería DIN 7991 para el anclaje entre cuerpos.

6.5 Diseño sistema de generación

N.º Pieza	Descripción	Und
1	Cubierta sistema de generación	1
2	Blower 1.75 A	1
3	Tobera 36 x 25	1
4	Bloque válvula de mariposa	1
5	Disco válvula	1
6	Eje válvula	1
7	Servomotor	1
8	Base sistema de generación	1
9	Remache de aluminio M3	3
10	Tornillo Din 7991 M3x10	3
11	Acople rápido	1

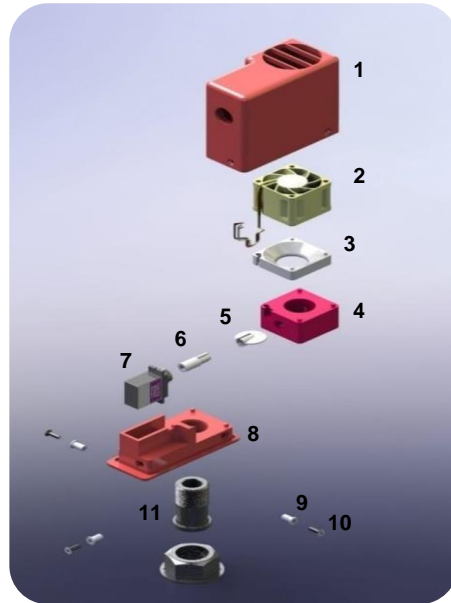


Tabla 6 Piezas sistema de generación de flujo

Figura 8 Explosionado sistema de generación de flujo. Fuente: Autor

El sistema de generación advierte la necesidad de emplear una válvula en función del Blower seleccionado y los caudales mínimos de trabajo de manera que sea posible ajustarlo sin complicaciones dentro de los límites del 5% del caudal objetivo; (ver figura 8) El diseño contempla que su preparación y puesta en marcha, como el de todo el prototipo no requiera herramientas para su montaje por lo cual se utilizan acoples rápidos para gas, y se implementa rosca NPT ½ pulgada a la base del sistema como parte de la impresión luego de pruebas de viabilidad; El modelo contempla la integración de cuerpos a partir de pines y ranuras para su integración, la válvula de mariposa se fabricó mediante impresión y el eje se fijó al piñón del servomotor previamente ajustado normalmente abierto. Los parámetros considerados en las soluciones del diseño planteado, obedecen a los asignados como PO9, PO3, PO2, PM6 y PM7.

6.6 Diseño soporte sensor óptico

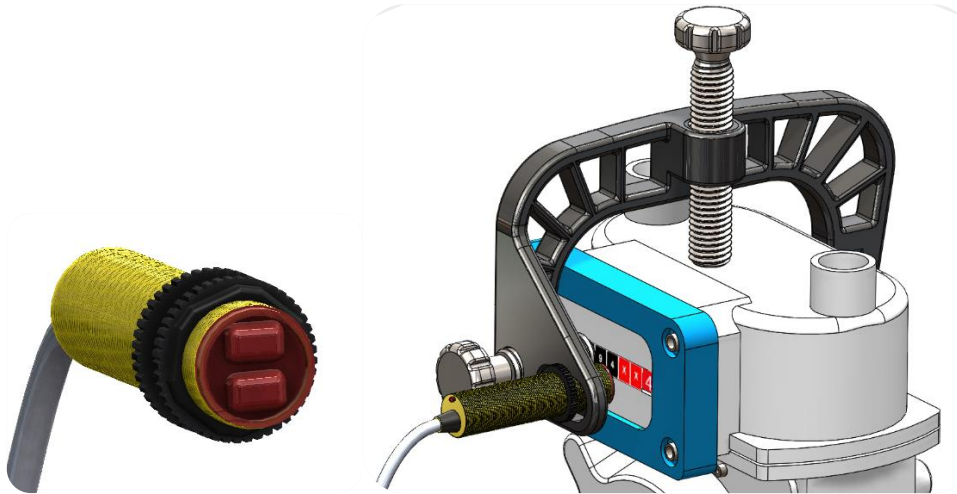


Figura 9 Diseño soporte sensor óptico. Fuente: Autor

Se diseñó un soporte para el sensor óptico capaz de adaptarse a las diferentes geometrías de los medidores sujetos a verificaciones, de igual forma se aborda la posibilidad de ajustar de forma precisa la altura y disposición a la que se ubica el emisor y receptor del sensor, de esta manera nos aseguramos de captar de forma correcta la cinta reflectiva en el odómetro de los medidores de gas sometidos a verificación.

Como parte fundamental de su diseño, su geometría ranurada obedece en parte a la necesidad de optimizar el uso del material como también tiempo de impresión (ver figura 9), por otra parte este diseño mitiga la formación de fenómenos propios del proceso de impresión como la separación de capas, wrapping y finalmente una estructura más robusta; los parámetros abordados hacen referencia a PM4, PM1, PO4, PO5, PO6, PO7.

6.7 Análisis del diseño y simulación CFD para las líneas de flujo

Como parte de la construcción, un análisis de flujo resulta sumamente importante como método de validación previo a la fabricación, las líneas de flujo no son convencionales y la carga de presión que estas puedan hacer al blower deben ser analizadas; Se considera una rugosidad de 16um indicada por ultimaker como fabricante de la impresora y los filamentos empleados, al ser una rugosidad indicada por el fabricante las condiciones, perfiles y modelos empleados en la impresión son específicos y particulares por lo cual el modelo planteado sugiere un reto como impresión y la línea de flujo contempla cambios de áreas significativos durante la impresión.

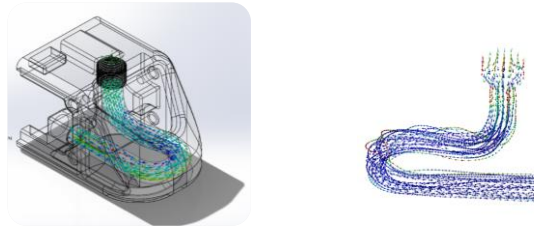


Figura 10 Perfil intensidad de turbulencia en la línea de flujo. Fuente: Autor

Se realizó una simulación previa antes de analizar a fondo cada uno de los caudales objetivo evidenciando así un leve fenómeno de Swirl lo cual puede generar incertidumbre en la medición, en ese orden de ideas se integró al modelo un rectificador de flujo bajo el racor entre el sistema de generación de flujo y el cuerpo contenedor (ver figura 11) integrándose así a este último y haciendo parte de la impresión.



Figura 11 Rectificador de flujo. Fuente: Autor

6.7.1 Simulación para Qmin – límite de operación inferior

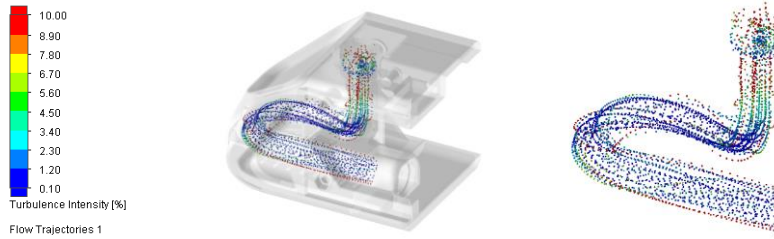


Figura 12 Trayectorias de flujo Qmin - intensidad de la turbulencia 0% - 10%. Fuente: Autor

TIPO DE FLUJO Laminar y turbulento			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	
FLUJO VOLUMETRICO DE ENTRADA	0.0000695	Metro/segundo	[m ³ /s]
RUGOSIDAD SUPERFICIAL ESTIMADA	20	Micrómetro	[μm]
PRESION	101325	Pascales	[pa]
TEMPERATURA	293.2	Kelvin	[k]
INTENSIDAD E LA TURBULENCIA	14	Porcentaje	[%]
LONGITUD DE LA TURBULENCIA	0.00102670755	Metro	[m]

Tabla 7 Parámetros de análisis CFD para Qmin

6.7.2 Simulación para Qt – zona intermedia

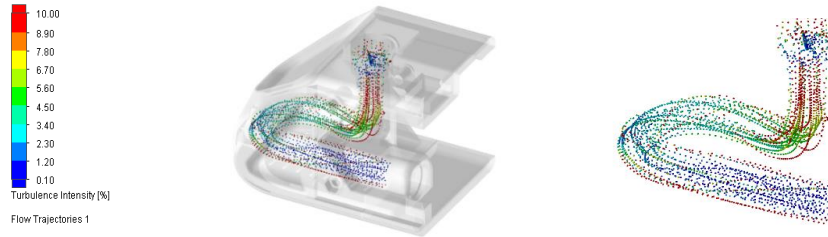


Figura 13 Trayectorias de flujo Qt - intensidad de la turbulencia 0% - 10%. Fuente: Autor

TIPO DE FLUJO Laminar y turbulento			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	
FLUJO VOLUMETRICO DE ENTRADA	0.000138833	Metro/segundo	[m ³ /s]
RUGOSIDAD SUPERFICIAL ESTIMADA	18	Micrómetro	[μm]
PRESION	101325	Pascales	[pa]
TEMPERATURA	293.2	Kelvin	[k]
INTENSIDAD E LA TURBULENCIA	12	Porcentaje	[%]
LONGITUD DE LA TURBULENCIA	0.00102670755	Metro	[m]

Tabla 8 Parámetros de análisis CFD para Qt

6.7.3 Simulación para Q Max – límite de operación superior

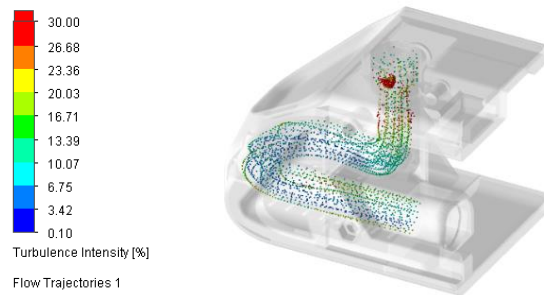


Figura 14 Trayectorias de flujo Qmax - intensidad de la turbulencia 0% - 30%. Fuente: Autor

TIPO DE FLUJO			
Laminar y turbulento			
PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	
FLUJO VOLUMETRICO DE ENTRADA	0.00069444	Metro/segundo	[m ³ /s]
RUGOSIDAD SUPERFICIAL ESTIMADA	16	Micrómetro	[μm]
PRESION	101325	Pascales	[pa]
TEMPERATURA	293.2	Kelvin	[k]
INTENSIDAD E LA TURBULENCIA	10	Porcentaje	[%]
LONGITUD DE LA TURBULENCIA	0.00102670755	Metro	[m]

Tabla 9 Parámetros de análisis CDF para Max

Se evidencia una disminución del fenómeno en remolino y una uniformidad del flujo a lo largo de la horizontal, por otra parte, la entrada del flujo contempla un volumen por completo turbulento antes de abordar el rectificador, de esta manera se da lugar condiciones adversas previo al rectificador para escalar significativamente tanto la eficiencia del rectificador como los posibles fenómenos de flujo.

La naturaleza de los vectores de los perfiles de velocidad para cada uno de los caudales objetivo demuestra el correcto desarrollo del flujo y la disminución del fenómeno de swirl en la sección transversal previo a alcanzar el MM.

7 FABRICACIÓN Y ARMADO

7.1 Perfiles de impresión

Analizando los modelos previamente impresos se advierten leves fisuras sobre los ángulos cerrados en donde se da lugar a cambios significativos de áreas lo cual cambia el tiempo de dibujo entre capas e influye en la retracción del material o posibles pérdidas de capas, para dar solución a este fenómeno se dio lugar a una leve alteración del modelo y a si mismo del perfil de impresión.

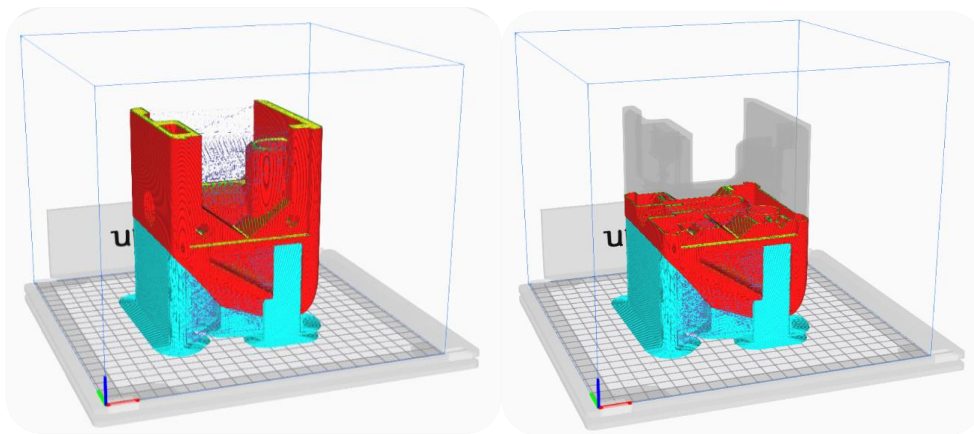


Figura 15 Capa 170 - Vista de capas por tipo de línea en cura. Fuente: Autor

Se decidió limitar el Angulo de voladizo en el soporte como estrategia al momento de separarlos del cuerpo principal luego no resulta ser invasivo en la altura de la capa del modelo; Entre los parámetros más importantes del perfil de impresión empleado en el software cura cabe señalar que se utilizan características de retracción del material en conjunto con un leve salto en z de manera que el cuerpo tenga una apariencia limpia sin la presencia de hilos ni poros que comprometa las paredes del cuerpo y pudiese comprometer el vertimiento de la resina epoxica.

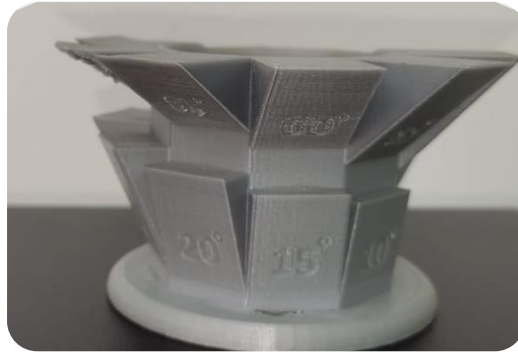


Figura 16 Impresión representativa con ángulos en voladizos. Fuente: Autor

En esta etapa fue necesario reevaluar parte de los ángulos internos del modelo en donde descansan los remaches de acero al ser evidente una capa afectada durante la primera impresión del cuerpo la cual pretende validar el diseño y dar evidencia del comportamiento de esta impresión por ser la mas critica por razones como el tiempo que se requiere en su elaboración, material empleado, principio de operación.

Realizadas las cosideraciones de esta impresión se modificaron los angulos internos para los remaches y asi mismo se modificaron en su totalidad las caras internas del vectorizado de manera que los angulos internos (en voladizo) entre capas no fuesen superiores a 70° lo que permite controlar en cierta medida cambios significativos de areas durante su fabricación de manera que las temperaturas estuviesen dentro de los límites

Calidad		
Altura de capa	0,2	mm
Altura de capa inicial	0,27	mm
Ancho de línea	0,35	mm
Ancho de línea de pared	0,35	mm
Ancho de línea de pared(s) interna(s)	0,35	mm
Ancho de línea superior/inferior	0,35	mm
Ancho de líneas de relleno	0,35	mm
Soporte		
Colocación del soporte	Tocando la placa	
Angulo de voladizo del soporte	50	°
Patrón del soporte	Giroide	
Recuento de líneas de pared del soporte	1	
Conectar líneas del soporte	SI	
Densidad del soporte	20	%
Distancia línea de soporte	1,75	mm
Adherencia de la placa de impresión		
Tipo de adherencia de la placa de impresión	Borde	
Longitud mínima de falda	250	mm
Ancho de borde	12	mm
Recuento de líneas de borde	35	
Borde solo en el exterior	si	
Perímetro		
Grosor de la pared	0,7	mm
Recuento líneas de pared	4	
Distancia de pasada de la pared exterior	0,2	mm
Grosor superior/inferior	0,75	mm
Grosor superior/inferior	0,75	mm
Capas superiores/inferior	4	
Optimizar el orden de impresión de paredes	si	
Rellenar espacios entre paredes	En todas partes	
Material		
Habilitar la retracción	si	
Desplazamiento		
Salto en Z en la retracción	si	

Tabla 10 Parámetros específicos del perfil de impresión para el cuerpo principal

7.2 Primeros modelos impresos

Una vez logrados los diseños y parámetros de los formatos vectoriales se dio inicio a la impresión de cada uno de los modelos y así evaluar las tolerancias, calidad de la impresión, posible expansión horizontal del material, posibles deformaciones y pruebas de hermeticidad de las líneas de flujo

7.2.1 Cuerpo principal



Ilustración 9 Primer cuerpo impreso - fenómeno de wrapping. Fuente: Autor

Se identifica que la expansión horizontal del material se mantiene acorde a lo estimado y las tolerancias para cada uno de los elementos contenidos en el prototipo son correctas, sin embargo, se presenta un fenómeno en la cama de impresión propio de modelos con gran cantidad de material y tiempos de impresión extendidos. Debido a tensiones internas de material se presentan fenómenos de wrapping, se evidencia la deformación del borde y el distanciamiento entre el soporte y el modelo.

Bajo la premisa de mitigar este fenómeno de tensiones internas de material se propuso integrar discos en todas las aristas cerradas con la intención de aumentar el área de efecto de este fenómeno y evitar la deformación.

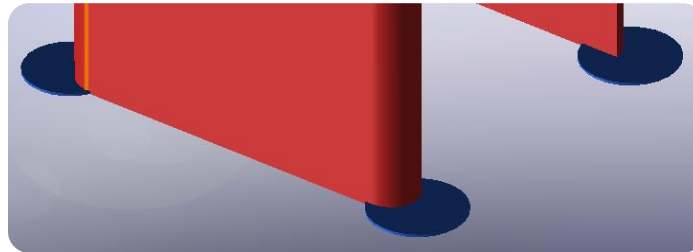


Figura 17 Discos para contrarrestar fenómenos de deformación. Fuente: Autor

Una vez impreso los nuevos modelos empleando el ajuste para mitigación del wrapping, aunque se evidencia una disminución del fenómeno, esta medida no resuelve el problema como se evidencia en la figura 18, en la sección inferior del cuerpo se evidencia una luz máxima entre cuerpos de 2 mm y en el caso de la sección superior la luz que se evidencia es de un aproximado de 4mm.

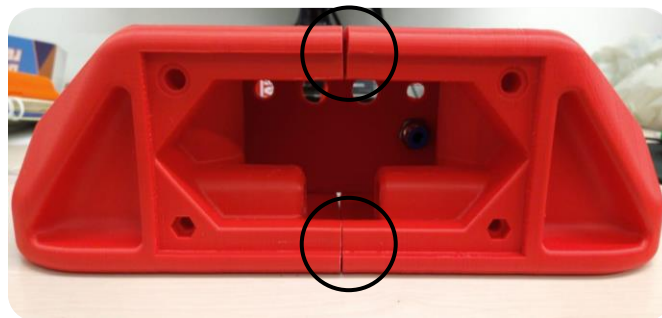


Figura 18 Fenómeno de deformación posterior al uso de discos. Fuente: Autor

Llegados a este punto es posible modelar el cuerpo y el vectorial prediciendo así la deformación del cuerpo y añadiendo material para adaptarse al fenómeno lo cual sugiere un mayor tiempo de investigación y pruebas; Una vez realizado un análisis y evaluar múltiples opciones se decidió optar por redirigir la cara coincidente con la placa caliente y orientar lo que serían las superficies coincidentes hacia arriba de manera que se logre garantizar planicidad entre las paralelas tal como se aprecia en la figura 15.

Desde esta nueva perspectiva el reto se dio en elaborar un perfil de impresión que lograra dar soporte a los cuerpos y así mismo permitiera desprender los soportes sin dejar evidencias y así mismo no se afectara de forma negativa la estética ni la integridad del cuerpo al ser removidos; Por otra parte en las cavidades cónicas en donde descansa el MM se presentó un fenómeno de Stringing también relacionado con la disposición al momento de imprimir la pieza luego los soportes que descansan sobre las superficies circulares limitan la retracción del material en la boquilla y generan la aparición de hilos entre el mismo soporte y las capas exteriores del modelo por lo cual con la nueva disposición no se hace necesario la utilización de soportes en esa área y se evita la aparición de este fenómeno.

Se realizaron pruebas con múltiples formas de soporte en donde se concluyó que el mejor adaptado a nuestra geometría es el Giroide, capaz de brindar soporte a la estructura y con la configuración adecuada en los parámetros de expansión y distancias en Z, fue posible ser retirado con relativa facilidad, sin embargo, las huellas en el modelo difícilmente es posible evitarlas por lo cual se decidió dar solución como un post proceso a la fabricación y añadir una nueva tarea dentro del plan de fabricación en donde el tratamiento superficial se plantea como parte del plan de fabricación.

7.2.2 Cubierta de pantalla táctil

La cubierta contenedora para la pantalla táctil se ideó como una pieza sobresaliente al cuerpo principal de manera que sea posible manipular el cableado entre los cuerpos de forma más cómoda y al mismo tiempo dar profundidad al anclaje de la PCB que al contar con elementos sobresalientes sumados a los conectores y la cubierta de conexiones eléctricas es necesario disponer con un área cómoda de trabajo al manipularlo y disposición en reposo para el cableado de las conexiones sin que se tensionen y se pueda generar un fallo del prototipo(ver figura 19).

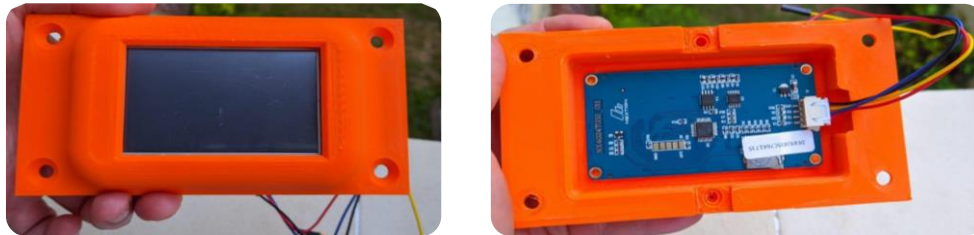


Figura 19 Impresión de modelo tentativo para la cubierta frontal. Fuente: Autor

Se decidió integrar a los cuerpos remaches de acero para asegurar la pantalla a la cubierta frontal empleando una segunda cubierta a modo de tapa asegurándose con pines en los agujeros dispuestos en la pantalla y tornillos anclados a la cubierta (ver figura 20).

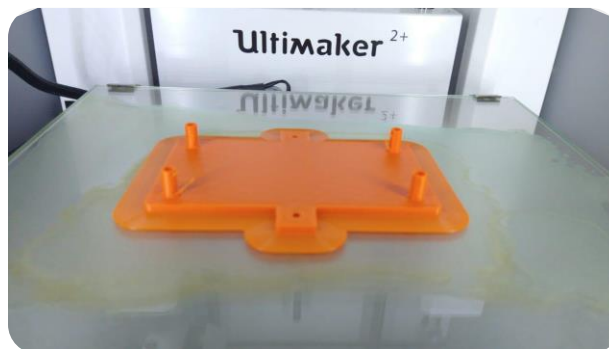


Figura 20 Impresión de modelo tentativo para cubierta posterior de pantalla. Fuente: Autor

La segunda cubierta de la pantalla, aunque cumple su propósito resulto ser inconveniente considerando que al ser una capa fina de material esta tiende a flexionarse por lo cual deberá ser modelada y dispuesta con un nuevo perfil de impresión antes de resolver el que será el modelo final.

7.2.3 Sistema de generación de flujo

El sistema de generación de flujo está diseñado a partir de dos cuerpos principales (ver figura 21) que pretenden contener todo el sistema de manera que se identifique como un cuerpo sólido, parte de los elementos contenidos será un bloque que cumplirá la función de cuerpo para una válvula de mariposa servo-pilotada que facilitara la obstrucción del flujo para controlarlo en cierta medida, por otra parte se integró un blower que será el encargado de dar flujo y una tobera para realizar el ajuste de área desde la salida del blower al interior del cuerpo de la válvula.



Figura 21 Impresión de modelo tentativo sistema de generación. Fuente: Autor

El acople del sistema de generación y punto de entrada de flujo del cuerpo principal se da a partir de un accesorio de acople rápido (Conector universal para medidores de gas) como parte de la estrategia adoptada en la metodología la cual plantea la nula utilización de herramientas al momento de realizar los montajes durante las verificaciones.

El acople es roscado directamente al cuerpo debido a que la rosca hembra hace parte del modelo impreso que, al ser ABS y metal, se garantiza un sello luego se da lugar a una mínima deformación adaptándose a la forma del cuerpo metálico.

Los elementos internos del sistema de generación (bloque del servo y tobera) cuentan con ranuras para el paso de cableado y así mismo la base de este sistema se encuentra condicionado para contener un servomotor como también un costado vacío para posicionar el cableado previamente preparado de manera que se disponga de esta sin lugar a roturas de soldaduras durante su armado o de ser necesario intervenir sus componentes.

7.2.4 Cubierta para conexiones eléctricas

La cubierta posterior esta modelada para contener todas las conexiones eléctricas necesarias para montajes rápidos y sin cabida a errores luego cada conector es excluyente respecto a otros debido a que cada uno de ellos emplea una cantidad de pines específicos y no dan cabida a conexiones erróneas (ver figura 22).

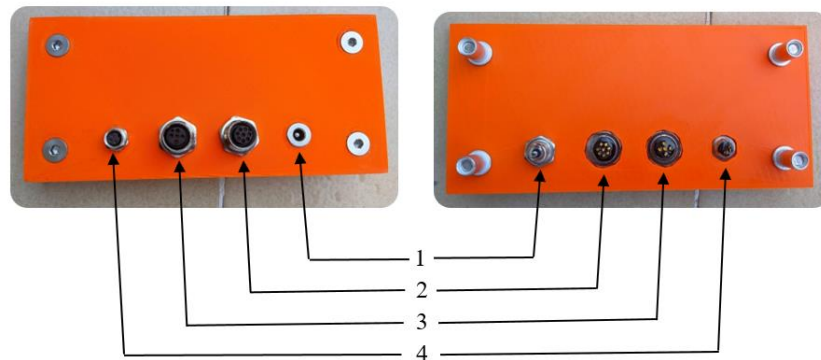


Figura 22 Detalle conectores cubierta posterior. Fuente: Autor

No	Descripción
1	Conector plug hembra para suministro eléctrico
2	Conector hembra M12 de 8 pines para sistema de generación
3	Conector hembra M12 de 5 pines para sensor de pulsos
4	Conector hembra M8 de 3 pines para sensor de temperatura

Tabla 11 Conexiones Cubierta posterior

Durante el ensamblaje previo se evidencio la necesidad de emplear un pasa muros para dirigir una toma de presión desde la línea de flujo hasta la PCB y se añadió como parámetro operativo durante la etapa tres y cuatro del ciclo de la metodología empleada (ver figura 3).

7.3 Modelos finales impresos

Una vez abordando los parámetros en un diseño inicial se evalúa su comportamiento a partir de impresiones iniciales, se verificaron tolerancias y su comportamiento al ser integradas con sus elementos a contener como también materiales añadidos con remaches de acero, aluminio, tuercas de acero y resina epoxica.

Formatos vectoriales y modelos fueron ajustados de acuerdo a lo evidenciado en las pruebas de impresión preliminares de manera que tanto la integración, funcionalidad y estética sea la más adecuada dentro de las capacidades del método de fabricación elegido, se tomaron consideraciones con los fenómenos de impresión para lograr mejores acabados, eliminar fenómenos de Stringing y de Wrapping de manera que las tolerancias no se vean afectadas ni se dé lugar a deformaciones indeseadas.

Se determino como parte de la estética del prototipo que sus colores se separaran entre gris para todos los elementos anexos al cuerpo como accesorios y cubiertas como también el sistema de generación y finalmente azul para los cuerpos de las líneas de flujo que a su vez será el predominante del prototipo.

7.3.1 Actualización cubierta para pantalla táctil

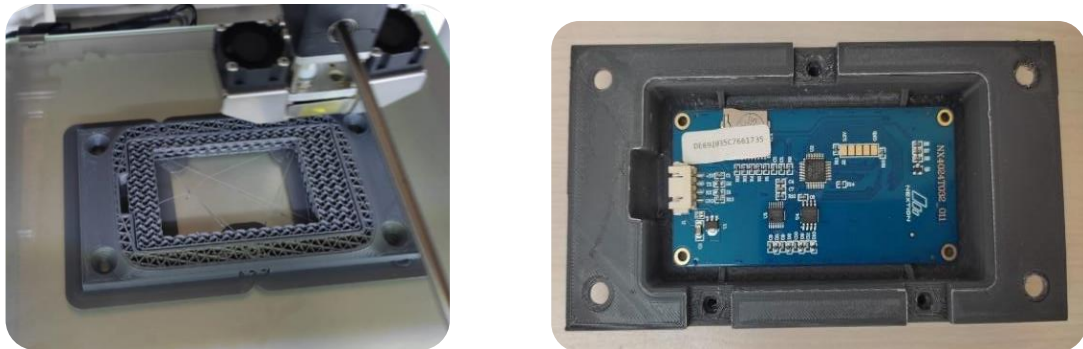


Figura 23 Impresión modelo final para cubierta frontal. Fuente: Autor

Para esta actualización y durante la etapa 4 de la metodología se reemplazaron los remaches de acero por tuercas M3 debido a la deformación del material al momento de integrarlas al cuerpo, como resultado las capas superiores del mismo llegaron a sufrir una leve deformación por lo que se integraron las tuercas y su distribución cambio de 2 en paralelo a 3, sumándose en la parte inferior de la cubierta (ver figura 23).

Por otra parte, se reemplazaron los pines de sujeción de la pantalla por bordes al cuerpo de manera que limiten por completo su juego en el plano base; La altura de capa se mantiene acorde a lo evidenciado en las pruebas preliminares de impresión considerando que la calidad es lo suficientemente buena en las grandes superficies curvas y el tiempo se redujo al no utilizar remaches ni requerir trabajo mecánico.

Finalmente se ajustó una simetría de manera que el panel pueda ser dispuesto de cualquier manera bajo el supuesto que la pantalla led quedase dispuesta de forma invertida, así mismo se conservaron los puntos de anclaje con tornillo DIN 7991 avellanado M6 x 25.

7.3.2 Actualización cubierta de conectores

Un cambio significativo respecto al modelo previo está en sus aristas redondeadas, se modelaron de esta manera luego de que se evidenciaron roturas en el modelo contenedor propias de ángulos pronunciados en la geometría por lo cual se añadió curvatura para mitigar este fenómeno alterando así la cubierta de conectores (ver figura 24).

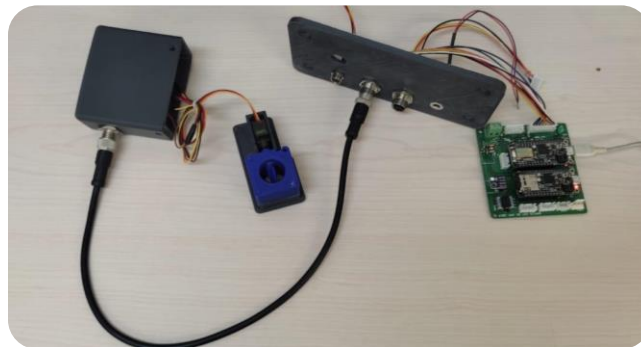


Figura 24 Pruebas operativas sistema de generación y conectores. Fuente: Autor

Se descarto la idea de integrar a la cubierta una entrada USB que inicialmente se planteó bajo la premisa de que su programación y trazabilidad pudiesen ser manipuladas sin la necesidad de liberar los pernos de la cubierta, aun así, la posibilidad de que el puerto USB quedase libre generaría una vulnerabilidad que de darse una mala manipulación generaría un fallo completo al equipo. Por otra parte, se integró al cuerpo un pasa muros que no se consideró inicialmente y es requerido para el correcto funcionamiento del proceso de verificación.

7.3.3 Actualización sistema de generación



Figura 25 Impresión final sistema de generación. Fuente: Autor

El modelo inicial contemplo todo lo necesario, de forma puntual, se requirió realizar avellanados a las piezas interiores contenidas en las carcasas del sistema de generación de flujo debido a la pérdida de pines de sujeción al momento de ensamblar y desensamblar en múltiples oportunidades.

7.3.4 Actualización cuerpo principal

Al determinar las limitantes y posibles soluciones señaladas en el numeral 2.1.1 se logró establecer como solución idear un nuevo perfil de impresión para una disposición girada del modelo.



Figura 26 Impresión final cuerpo principal. Fuente: Autor

Se logro establecer el perfil de impresión adecuado para el equilibrio entre densidades del soporte y alturas de capa tangentes al modelo (ver figura 26), de esta forma los giroides son desprendidos como hilos dejando una leve marca en la superficie por lo cual tras un proceso de lijado con grano calibre 600, la superficie, aunque lisa se decolora debido a los polvos propios del material depositándose entre las capas; Llegado a este punto se empleó acetona para retirar el material particulado depositado en entre las capas y limpiar el cuerpo completo como proceso previo al tratamiento superficial con resina epoxica (ver figura 27).

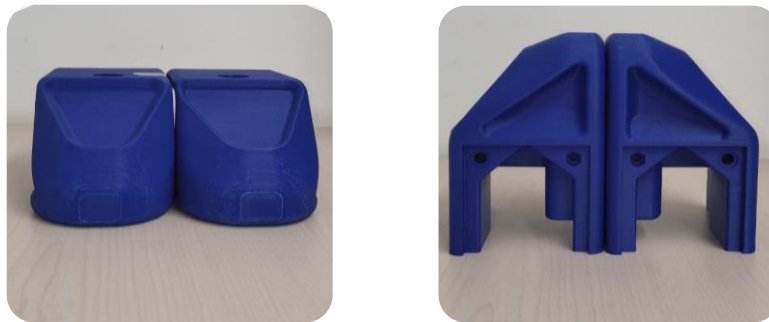


Figura 27 Retiro de soporte y lijado de las superficies comprometidas. Fuente: Autor

Para garantizar la hermeticidad de las líneas de flujo y al mismo tiempo contrarrestar posibles fisuras al exterior de cuerpo se decidió emplear resina epoxica 50/50 como forma de garantizar la hermeticidad y al mismo tiempo ser un adhesivo entre capas de ABS en el modelo dando mejores propiedades a lo largo del tiempo (ver figura 30); Antes de iniciar el proceso de depósito y curado de la resina, durante las pruebas se midieron temperaturas de hasta 80 °C que aun que no es suficiente para fundir el ABS de cualquier forma podría deformar las tolerancias y particularmente en la superficie superior e inferior se encuentra delgadas capas con un área considerable que posiblemente podrían presentar un ángulo en la vertical impidiendo en correcto ensamblaje del prototipo.



Figura 28 Placas para restringir la deformación por temperatura. Fuente: Autor

Considerando lo anterior se emplearon moldes en aluminio de las cubiertas posterior y frontal para limitar una posible deformación hacia el interior del cuerpo (ver figura 28) y así mismo se emplearon prensas para impedir su deformación hacia el exterior del cuerpo (ver figura 29); de esta manera se garantizó las tolerancias y el correcto comportamiento entre piezas.



Figura 29 Preparación para verter capas de resina epoxica. Fuente: Autor

Una vez preparados los cuerpos para el depósito de resina, se establecen cantidades límites para evitar un aumento en la temperatura crítica luego las líneas de flujo serán vulnerables a este fenómeno y su deformación sería un fallo crítico al prototipo, teniendo en cuenta lo descrito se estableció que al momento de verter la resina se limitara a un máximo de 160 g tanto de resina epoxica como de compuesto reactivo de manera que se emplearan múltiples capas durante el proceso de curado.



Figura 30 Niveles de capas de resina epoxica. Fuente: Autor

Cada parte de compuesto fue pesada y posteriormente mezclada del compuesto B hacia la resina (ver figura 30), las dos capas finales difieren de la cantidad estimada por capa en función de la orientación del modelo y el espacio para verter la mezcla bajo la premisa de garantizar un relleno completo sin lugar a cámaras huecas o burbujas durante el proceso de curado (ver tabla 12).

N.º capa	Compuesto B [g]	Resina [g]	Total acumulado [g]
1	80	80	160
2	80	80	320
3	80	80	480
4	50	50	580
5	30	30	646

Tabla 12 Cantidades por capas de resina epoxica



Figura 31 Llenado de resina. Fuente: Autor

Culminado el proceso de curado de la resina, se procede a insertar remaches para los puntos de anclaje de todos los elementos contenidos en el cuerpo, se emplea un caudín para aumentar la temperatura de los remaches de acero y los remaches de aluminio de manera que se logre fundir el ABS en las inmediaciones de este elemento y se logre una integración robusta entre materiales.

Como un paso extra se requirió ranurar las tuercas (ver figura 32) como proceso previo al fundido del material luego existe la posibilidad que al ser un punto anclaje sujeto a fuerza mecánica pueda desprenderse por sus caras lisas, con el ranurado se advierte una mayor adherencia entre el ABS y la tuerca.



Figura 32 Integración de remaches y puntos de anclaje. Fuente: Autor

Una vez logradas las adecuaciones para anclajes y verificadas las tolerancias en un armado parcial (ver figura 34), se procede a realizar una limpieza profunda iniciando con un lijado leve sobre posibles imperfecciones propias del soporte en la impresión como también hilos de material durante los desplazamientos de la boquilla, se utiliza papel calibre 800 para posteriormente realizar una limpieza con acetona y liberar material particulado de los cuerpos antes del tratamiento superficial final.



Figura 33 Acabado superficial en epóxico. Fuente: Autor

Como paso final en la fabricación se procede a impregnar una fina capa de resina epoxica (ver figura 33) preparada a partir de un paño con fibras sintéticas evitando así liberar

material considerando que la resina es una solución gomosa al iniciar su curado; Al dejar reposar los cuerpos durante las próximas 24 horas nos podemos permitir manipularlas sin riesgo a dejar marcas ni suciedad durante su manipulación y se procede a realizar ensamblajes parciales de todos los elementos y posicionar los O-ring contemplados durante la etapa de diseño previo a el ensamblaje final.



Figura 34 Despiece real del prototipo. Fuente: Autor

O-ring	Pieza	Posición	Und
1	Racor MxM	cuerpo	1
2	Racor MxM	fondo	1
3	Medidor Patrón	cuerpo	2
4	Medidor Patrón	Fondo	2

Tabla 13 Cantidad y posicionamiento de O-ring

Una vez posicionados todos los O-ring empleamos silicona para todos los posicionados en fondo de manera que al ensamblar se asegure la deformación con la silicona para sellos; para finalizar el correcto ensamblaje es necesario anclar todos los elementos al cuerpo principal y dejar reposar por 24 hasta que la silicona se asiente y solidifique; Se integra una etiqueta PVC grabada en laser con la identificación del equipo entre otra información relevante y de consideración durante su manipulación (ver figura 35).



Figura 35 Prototipo real ensamblado. Fuente: Autor

Los pasos previamente descritos se replicaron en paralelo para la fabricación de cinco equipos (ver figura 36) en donde cuatro de estos serán enviados posterior a sus pruebas operativas a dos diferentes gaseras de manera que su uso en un periodo de tiempo permita una retroalimentación y análisis de los datos capturados en la nube y de igual forma permitirá establecer nuevos parámetros y consideraciones en futuros equipos y sus respectivos procesos. Se mantiene comunicación con los operarios de estos equipos teniendo así, la información de primera mano, su percepción durante su uso prolongado y posibles escenarios operativos que no se considerasen durante su diseño.



Figura 36 Primer lote de prototipos. Fuente: Autor

8 PRUEBAS OPERATIVAS

Durante las pruebas operativas el equipo tuvo un buen desempeño y se identificó una ligera anomalía en la temperatura que se asoció a la temperatura propia de los accesorios metálicos para la RTD de manera que se diseñó y fabricó un accesorio en ABS como medida para aislar este efecto sobre el cuerpo de la RTD y se realizaron pruebas nuevamente cuyos resultados son presentados en el anexo B; Por otra parte, se identificaron picos en la gráfica de caudal en Q_{min} propios de la operación normal de los lóbulos de los medidores por lo cual se integraron al prototipo rectificadores de flujo diseñados previamente (Ver figura 11) y una manguera extendida de 4 metros para limitar la propagación de este fenómeno impidiendo que llegase al patrón.



Figura 37 Montaje operativo Real V/s montaje CAD. Fuente: Autor

Se realizaron pruebas en una campana gasométrica y una cámara húmeda logrando de esta manera diagramas de errores relativos porcentuales que nos permitió analizar a fondo el desempeño de los equipos y relacionarlos con verificaciones en múltiples entornos cercanos a su trabajo normal y registrando su comportamiento ahora de forma más precisa y controlada. (Ver anexo B), Fue posible analizar gráficamente las tendencias en sus errores, así como también su comportamiento con la incertidumbre registrada. (Ver anexo C).



Figura 38 Embalaje equipos verificador. Fuente: Autor

Se decide adaptar una maleta comercial en conjunto con espumas para proteger el equipo y almacenar todos sus accesorios listados en la siguiente tabla (ver tabla 14).

Elemento	Descripción
1	Prover verificador de gas residencial
2	Batería para zonas sin suministro eléctrico
3	Soporte con sensor óptico
4	Sistema de generación de flujo
5	4 metros de manguera
6	Adaptador para suministro eléctrico
7	Sobre de tela
8	RTD
9	Manguera neumática
10	Cable de pulsos
11	Cable Sistema de generación
12	Juego de conexiones rápidas para gas
13	Cable con caimanes para pulsos

Tabla 14 Elementos contenidos por embalaje

9 APORTES ADICIONALES

9.1 Trazado Conduit áreas clasificadas

Como aporte adicional al área de investigación del CDT de gas se realizó actividades de ingeniería orientadas al trazado de Conduit (tubería para el manejo de conexiones eléctricas) para áreas clasificadas en múltiples locaciones y escenarios, durante el proyecto fue desarrollado por parte del CDT un equipo que permite monitorear en tiempo real algunas zonas de interés para el cliente. Debido a que el equipo consiste de elementos electrónicos e infraestructura para el mismo, requirió de un diseño tanto de trazado para áreas clasificadas como de estructura que debe ser capaz de soportar los pesos de todos los elementos requeridos y demandados por las particularidades de cada una de las locaciones.

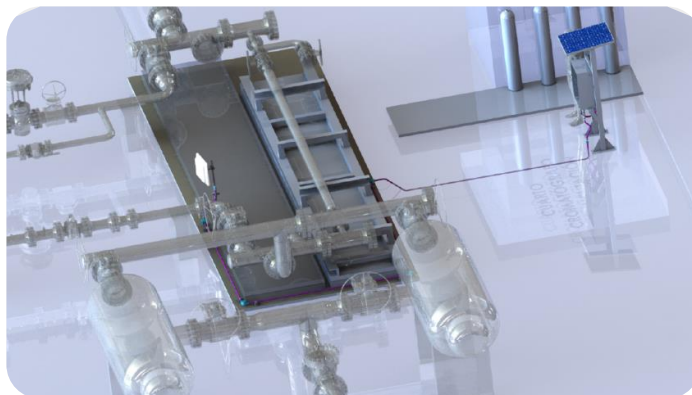


Figura 39 Trazado Conduit locación N.º 1. Fuente: Autor

Se realizaron estimaciones para cada uno de los componentes requeridos para el trazado Conduit en el área clasificada en conjunto con los cofres nema requeridos para cada una de las locaciones. (Ver anexo D para información completa)

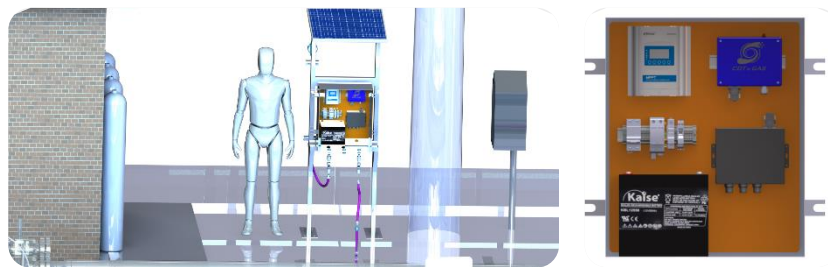


Figura 40 Detalle cofre nema 4 - Estructura panel solar. Fuente: Autor

La segunda locacion requirio del manejo de cajas y accerosrios nema 7 debido a su cercania con las lineas de gas (distancia menor a 1.5 metros), para este caso se selecciono acorde a un area clasificada clase uno division dos (Ver anexo D para informacion completa)



Figura 41 Trazado Conduit locación N°2. Fuente: Autor

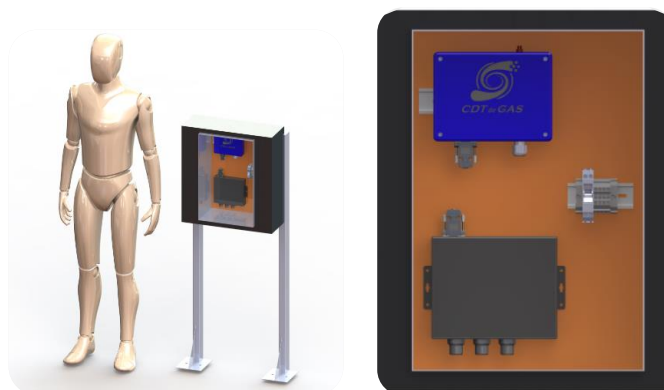


Figura 42 Cofre Nema 4. Fuente: Autor

9.2 Case ICU 1.0

Se diseñó un elemento contenedor para sistemas de monitoreo que hace parte de un prototipo de montaje de atención de vulnerabilidades, como parte del proceso de diseño se consideró seleccionar cajas Nema acordes a la clasificación y división de las zonas a monitorear.

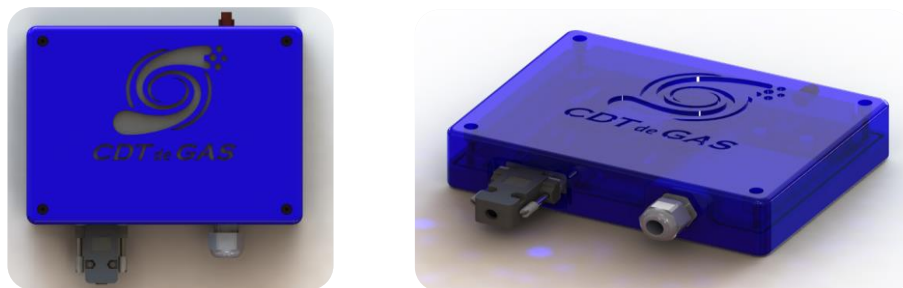


Figura 43 CAD Case ICU 1.0 diseño final de la primera versión. Fuente: Autor

Se crearon perfiles de impresión adecuados para las características constructivas del case teniendo en cuenta los elementos a contener (ver figura 44) como también el uso de prensaestopas para conexiones dirigidas a las borneras, entrada DB9 independiente y finalmente perforación a medida para conexión a una antena celular.



Figura 44 Ensamblaje evolutivo ICU. Fuente: Autor

No	Descripción	Und
Pieza		
1	Tornillo Din 7991 M3x25	4
2	Convertor ufl a sma	1
3	Case – Cubierta superior	1
4	Remache acero M3	4
5	Tornillo Din 7991 M3x5	9
6	PCB	1
7	Convertor dc/dc elevador	1
8	Batería de litio	1
9	Conector DB9 Female	1
10	Tuerca de acero M3	9
11	Case – Cubierta inferior	1
12	Conector DB9 Male	1
13	Prensaestopas PG9	1

Tabla 15 Elementos case ICU

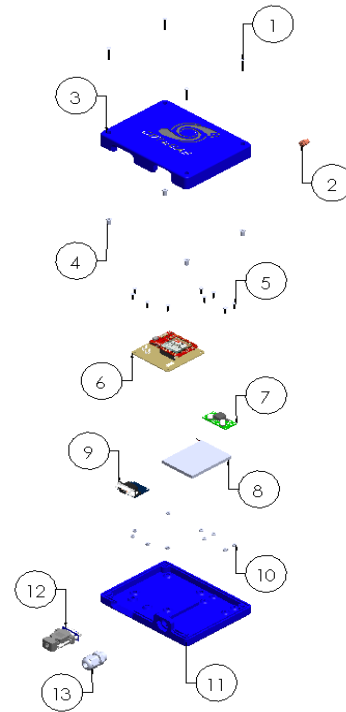


Figura 45 Explosionado case electrónica ICU. Fuente: Autor

Adicionalmente se asistió en las tareas propias de la presentación de estructuras y pre ensamblajes como medida de verificación previo a las visitas como también adelantar todas las tareas que pudiesen ser realizadas en una locación que nos permitiese abordar algún imprevisto o realizar compras no consideradas con anterioridad (ver figura 46).



Figura 46 Estructuras para cofre NEMA 7 y cofre NEMA 4. Fuente: Autor

Los tableros fueron pre ensamblados de acuerdo a la distribución propuesta previo a la selección y compra de los cofres (ver el anexo E). Bajo la premisa de realizar un montaje comodo para el case ICU(ver figuras 42, 43, 44), se emplearon machuelos para el montaje con el fondo de las cajas y para todos los demas elementos se decidio realizar perforaciones de acuerdo a la distribución para posteriormente emplear tornillos autoroscantes de manera que el cableado fuese facil de realizar, comprender y a futuro, modificar (ver figura 46).



Figura 47 Distribución de los elementos para cofre NEMA 4. Fuente: Autor

9.3 Análisis dinámico de fluidos computacional CDF válvula de mariposa

En el transcurso de la práctica resulto necesario realizar un análisis del comportamiento de una válvula de mariposa con un quince por ciento de apertura. a partir del modelo se evidencia un vórtice que alcanza a afectar el desarrollo del flujo cuando este aún se encuentra en el MM.

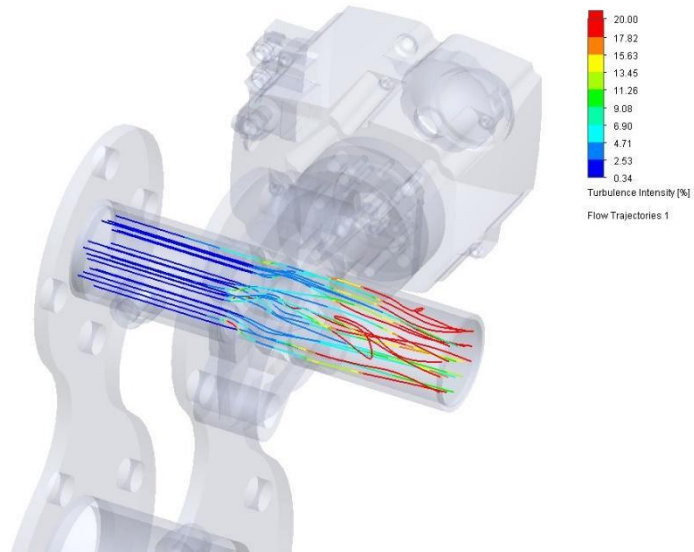


Figura 48 Sección para análisis CDF en equipo verificador 250 metro cubico hora. Fuente: Autor

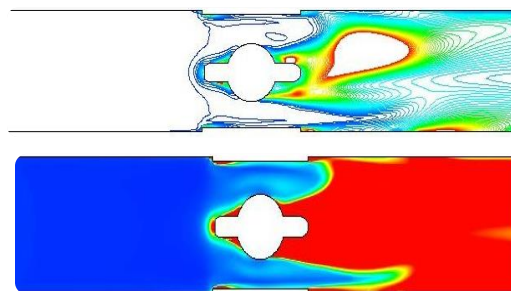


Figura 49 Corte longitudinal durante la intensidad de turbulencia. Fuente: Autor

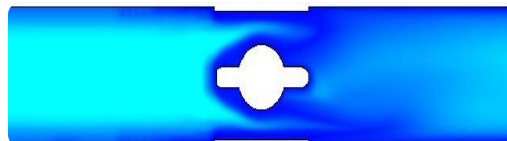


Figura 50 Corte longitudinal durante la longitud de turbulencia. Fuente: Autor

9.4 Rectificador de flujo tipo Zanker

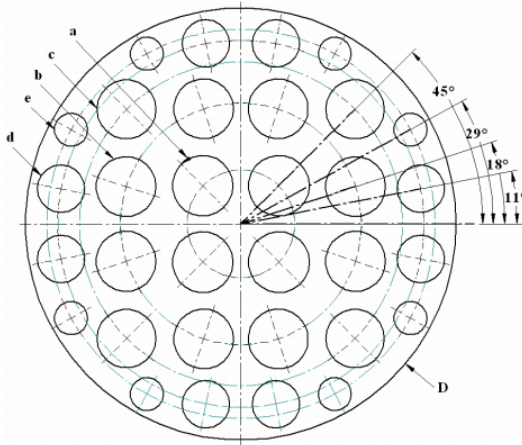


Figura 51 ángulos para círculos de trazado [12]

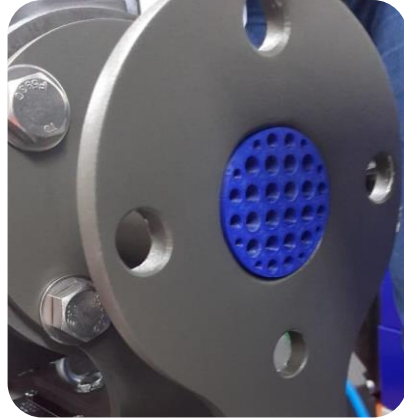


Figura 52 Rectificador impreso tipo Zanker. Fuente: Autor

Hole grade	Number of holes	Pitch angle	Hole diameter	Pitch circle diameter
a	4	45°	0.141D ±0.001 D	0.25 D ±0.002 5D
b	8	18°	0.139D ±0.001 D	0.56 D ±0.005 6D
c	4	45°	0.136 5D ±0.001D	0.75D ±0.0075D
d	8	11°	0.11D ±0.001D	0.85D ±0.008 5D
e	8	29°	0.077D ±0.001D	0.9D ±0.009D
Standard plate thickness		$0.12D \leq t_p \leq 0.15D$		
Standard upstream pipe length		$17D \leq L_f$		
Standard downstream pipe length		$7.5D \leq L_s \leq L_f - 8.5D$		

Tabla 16 Parámetros de diseño rectificador de flujo tipo Zanker tomado de: [12]

Se fabricó un rectificador de tipo Zanker (ver figura 52) de acuerdo a los parámetros sugeridos por el documento “análisis CFD del flujo turbulento en remolino incompresible a través de la placa Zanker”, y a lo evidenciado en la figura 49 y figura 50 como método experimental para contrarrestar los fenómenos de flujo evidenciados en pruebas operativas realizadas en el complejo de laboratorios del CDT de gas.

9.5 Estructura aligerada tipo lattice mediante fabricación aditiva

Como medida para contrarrestar fenómenos de flujo identificados en el análisis de fluidos computacional (CDF) previamente descrito (ver figura 49, 50), se diseñó a modo de filtro una estructura que se pueda implementar al equipo sin alterar su construcción, de este modo se dimensiono para los diámetros nominales de tubería Schedule 40.

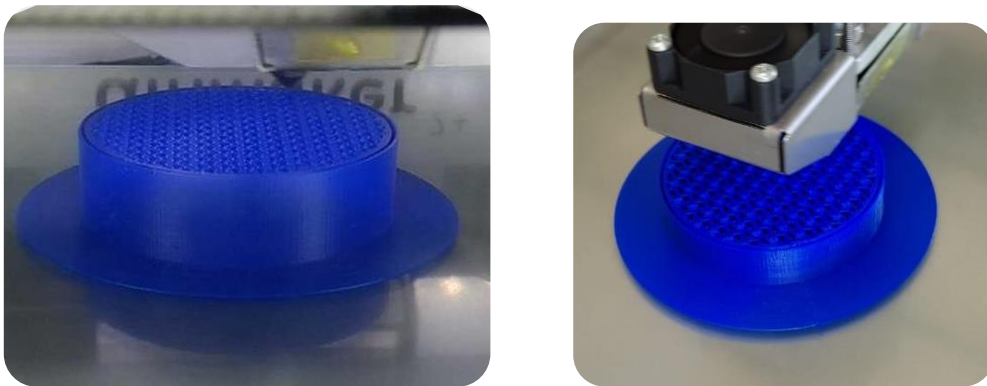


Figura 53 Estructura impresa tipo lattice. Fuente: Autor

Al evaluar los datos obtenidos en las calibraciones del montaje sujeto a pruebas, se evidencian anomalías en las gráficas relacionadas con resonancias, con el fin de mitigar este fenómeno se propuso la integración de un elemento capaz de mitigar estos efectos por lo cual se diseñó este tipo de estructura que en materiales blandos es capaz de absorber vibraciones y por otra parte al ser fabricados en un material rígido nos permite mitigar efectos de resonancia por su construcción de múltiples conductos interconectados nos permite romper longitudes en la turbulencia y así mismo sus consecuencias que son las resonancias; La estructura está basada en un lattice de construcción triplemente periódico también llamadas giroides (ver figura 53), está fabricado mediante manufactura aditiva empleando ABS.

10 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se demostró que el modelado computacional del flujo en las líneas del prototipo resulta en una herramienta valiosa en la evaluación del desempeño y detección de fenómenos de flujo y en la implementación de mejoras previo a la fabricación mitigando sobrecostos durante la fabricación. Los tipos de análisis presentados aquí podrían potencialmente usarse en la optimización de líneas en próximas evoluciones del prototipo; Los equipos verificadores hasta la fecha han demostrado ser una herramienta con un buen desempeño dentro de los parámetros operativos establecidos en su etapa de desarrollo.

Centrándose en el método de fabricación adoptado en este proyecto cabe señalar que existen retos que deben ser abordados de forma diferente para cada tipo de elemento a fabricar, los parámetros para los perfiles de impresión no pueden ser tomados como un absoluto en todos los diseños sino que deben ser tomados como consideraciones y evaluar las propiedades del material a emplear y como es afectado por fenómenos de impresión, fenómenos ambientales y sus respectivas propiedades dadas por el fabricante.

Se evidenció que los errores promedio para los verificadores ensayados en laboratorio describen la curva de error típica de la tecnología, con una tendencia a tener errores negativos en Q_{min} , errores ascendentes positivos en $0,4Q_{max}$ y cercanos a uno en Q_{max} indicando una curva ascendente previo a ser horizontal.

Durante las pruebas a medidores G1.6 de uso residencial, se evidenció que la mayor incertidumbre del error ocurre en Q_{min} , por otra parte, al realizar verificaciones, todos los verificadores cumplieron con la caída de presión dentro de lo estimado y lograron alcanzar con un margen amplio los caudales objetivo.

Los resultados de las pruebas realizadas para medidores utilizados durante las pruebas (G1.6 de uso residencial) muestran que el error medio ponderado (calculado en la verificación a partir de los 3 caudales objetivo) es muy cercano al 1.6%. Sin embargo, este se encuentra dentro del 3% establecido y concluye ser un equipo competente y dando un balance satisfactorio en todas sus etapas.

11 BIBLIOGRAFIA

- [1] "CDT de GAS," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: https://www.cdtdegas.com/descargas/WP_2020_Rese%C3%B1a_CDT_de_Gas.pdf [Accessed: 03-agosto-2021].
- [2] "quienes-somos," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/nosotros/quienes-somos>. [Accessed: 03-agosto-2021].
- [3] "Metrología Física," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/metrologia-fisica#>. [Accessed: 13-agosto-2021].
- [4] "Metrología química," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/metrologia-quimica>. [Accessed: 13-agosto-2021].
- [5] "laboratorio de ensayos," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/laboratorio-de-ensayos> [Accessed: 13-agosto-2021].
- [6] "soluciones tecnológicas," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/soluciones-tecnologicas> [Accessed: 13-agosto-2021].
- [7] "Capacitaciones," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/capacitaciones> [Accessed: 13-agosto-2021].
- [8] "organismo de inspección," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/organismo-de-inspeccion> [Accessed: 13-agosto-2021].
- [9] "Desarrollo de software," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/desarrollo-de-software> [Accessed: 13-agosto-2021].
- [10] "Responsabilidad ambiental," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available: <https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/responsabilidad-ambiental> [Accessed: 13-agosto-2021].

- [11] "Estudio de Vida Útil de Medidores de Gas," *CORPORACION CDT DE GAS*. [Online]. Available:
<https://www.cdtdegas.com/index.php/servicios/desarrollo-de-software>
[Accessed: 15-agosto-2021].
- [12] "Análisis CFD del flujo turbulento en remolino incompresible a través de la placa Zanker", *Taylor & Francis*, 2021. [En línea]. Disponible:
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19942060.2009.11015291>. [Consulta do: 17 de agosto de 2021].

12 ANEXOS

12.1 Anexo A: Graficas comparativas de selección para Blower del sistema de generación.

TF029B-1000-F	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0,6	24,5
1,2	24
2,4	23
3,6	22
4,8	21
6	20
7,2	17,5

9GV3612J301@7	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	2,3
6	1,6
12	1,25
18	0,7
21	0

9GV3612J301@12	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	5
6	4,2
12	2,9
18	2,6
24	2,2
30	0,6

9GX3612P3K001@50%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	4,5
6	3,7
12	2,5
18	2,5
24	1,6
30	0,2

9GX3612P3K001@100%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	8,5
6	7
12	5,5
18	4,5
24	4,5
30	3,5

9HV0412P3K001@50%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	6,3
6	5,8
12	4,8
18	3,2
24	3
30	2

9HV0412P3K001@100%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	11
6	10,5
12	9
18	8
24	6,3
30	4,5

Curva del Sistema (CH)	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	0
2	0,5
3	1,125
4	2
5	3,125
6	4,5

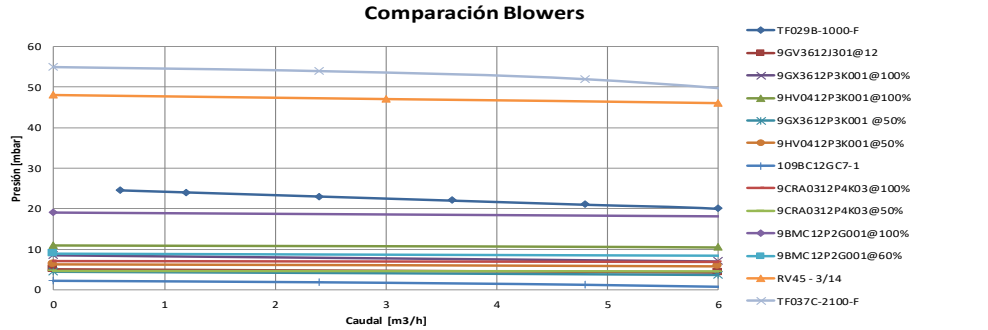
109BC12GC7-1	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	2,15
2,4	1,8
4,8	1,2
7,2	0,2

9CRA0312P4K03@100%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	7
6	6,8
12	6,6
18	6,1
24	5,5
30	4,5

9BMC12P2G001@100%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	19
17	16,5

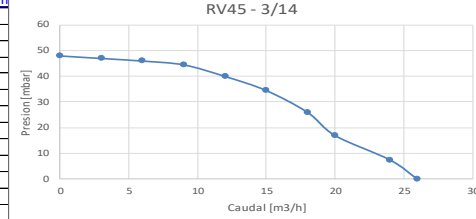
9CRA0312P4K03@50%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	4,6
6	4,5
12	4,25
18	3,7
24	3
30	2

9BMC12P2G001@60%	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	9
17	7,5



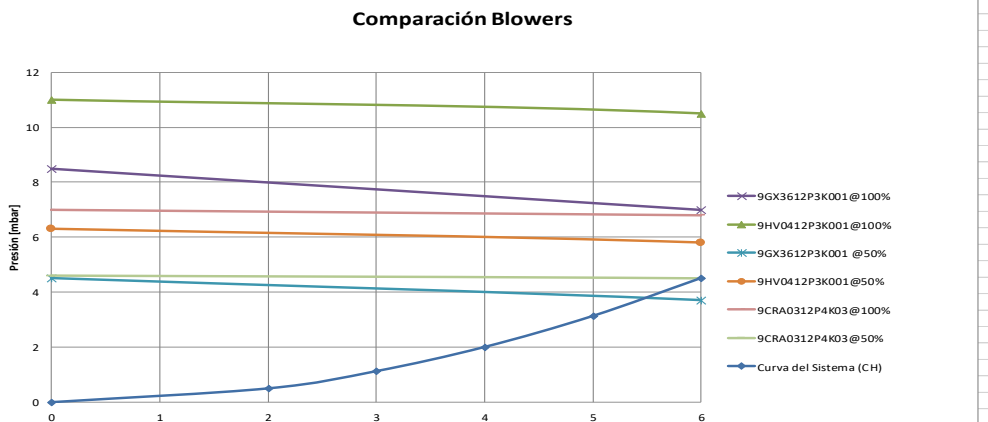
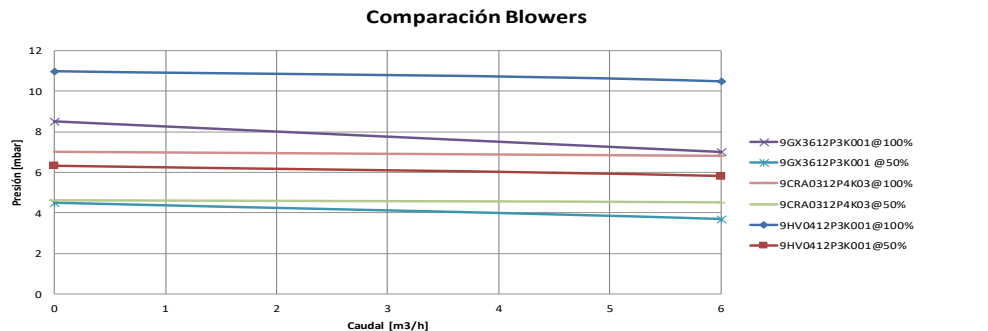
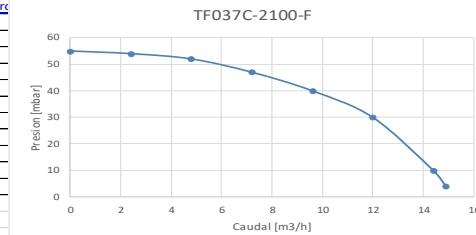
Precio:

product highlight/e/ebm RV45 - 3/14	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	48
3	47
6	46
9	44,5
12	40
15	34,5
18	26
20	17
24	7,5
26	0



bnics.com/e/catalog/micro

TF037C-2100-F	
Q	P
[m3/h]	[mbar]
0	55
2	54
4,8	52
7,2	47
9,6	40
12	30
14,4	10
14,9	4



12.2 Anexo B: Tabla de resultados prover Corporación CDT de gas

201721033927_V01_CH							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	--	[hPa]
4,11	30,00	1,09	0,156	0,32	2,0	0,9892	0,30
8,60	30,00	0,90	0,176	0,32	2,0	0,9911	0,34
40,91	130,00	1,29	0,045	0,28	2,0	0,9873	1,02

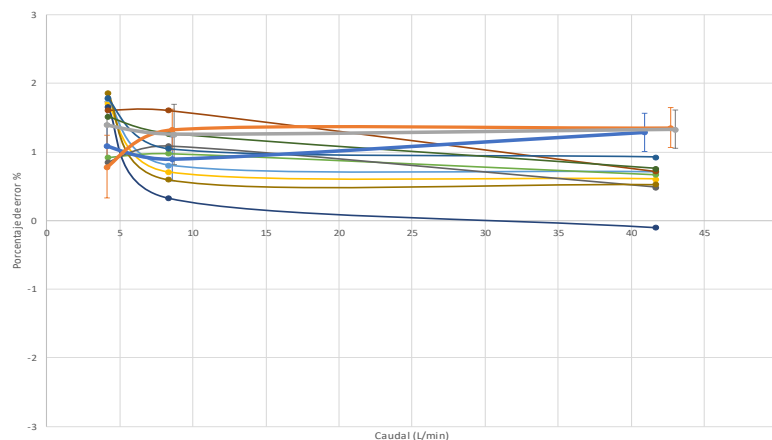
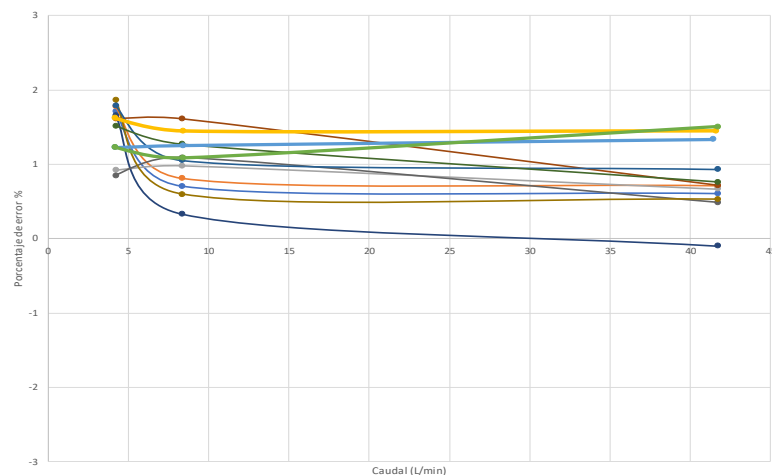
201721033927_V02_CH							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	--	[hPa]
4,14	30,00	0,79	0,351	0,46	2,2	0,9922	0,30
8,58	30,00	1,33	0,114	0,3	2,0	0,9869	0,33
42,68	130,00	1,35	0,056	0,29	2,0	0,9866	1,06

201721033927_V03_CH							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	--	[hPa]
4,10	30,00	1,40	0,195	0,33	2,0	0,9862	0,28
8,71	30,00	1,26	0,328	0,44	2,1	0,9876	0,33
43,03	130,00	1,33	0,020	0,28	2,0	0,9868	1,07

201721033927_V01_BELL							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión	
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	[hPa]	
4,14	30,0	1,62	0,30	0,38	2,36	0,31	
8,39	30,0	1,45	0,17	0,23	2,11	0,36	
41,54	130,0	1,45	0,09	0,18	2,02	1,08	

201721033927_V02_BELL							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión	
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	[hPa]	
4,14	30,0	1,23	0,29	0,37	2,45	0,32	
8,40	30,0	1,25	0,20	0,26	2,18	0,36	
41,39	130,0	1,34	0,28	0,35	2,31	1,08	

201721033927_V03_BELL							
Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión	
[dm ³ /min]	[dm ³]	[%]	[%]	[%]	--	[hPa]	
4,14	70,0	1,23	0,17	0,23	2,10	0,32	
8,37	100,0	1,09	0,10	0,2	2,02	0,36	
41,68	200,0	1,51	0,04	0,14	1,97	1,07	



201721033927_1						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,61	0,31	2
2	8,33333333	0,02	0,02	0,71	0,72	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,71	0,52	2

201721033927_2						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,71	0,33	2
2	8,33333333	0,02	0,02	0,81	0,53	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,78	0,51	2

201721033927_3						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,67	0,39	2
2	8,33333333	0,02	0,02	0,98	0,47	2
3	4,16666667	0,02	0,02	0,92	0,42	2

201721033927_4						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	-0,1	0,37	2
2	8,33333333	0,02	0,02	0,33	0,34	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,66	0,34	2

201721033927_5						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,72	0,31	2
2	8,33333333	0,02	0,02	1,61	0,53	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,61	0,7	2

201721033927_6						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,49	0,3	2
2	8,33333333	0,02	0,02	1,09	0,34	2
3	4,16666667	0,02	0,02	0,85	0,69	2

201721033927_7						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,53	0,31	2
2	8,33333333	0,02	0,02	0,6	0,42	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,86	0,64	2

201721033927_8						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,93	0,35	2
2	8,33333333	0,02	0,02	1,05	0,35	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,79	0,47	2

201721033927_9						
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m ³ /hora	m ³	m ³	%	%	a/d
1	41,6666667	0,07	0,07	0,76	0,31	2
2	8,33333333	0,02	0,02	1,27	0,35	2
3	4,16666667	0,02	0,02	1,67	0,48	2

201721033927_1

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,61	0,31	2
2	0,5	0,02	0,02	0,71	0,72	2
3	0,25	0,02	0,02	1,71	0,52	2

201721033927_2

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,71	0,33	2
2	0,5	0,02	0,02	0,81	0,53	2
3	0,25	0,02	0,02	1,78	0,51	2

201721033927_3

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,67	0,39	2
2	0,5	0,02	0,02	0,98	0,47	2
3	0,25	0,02	0,02	0,92	0,42	2

201721033927_4

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,51	0,07	0,07	-0,1	0,37	2
2	0,5	0,02	0,02	0,33	0,34	2
3	0,26	0,02	0,02	1,66	0,34	2

201721033927_5

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,51	0,07	0,07	0,72	0,31	2
2	0,5	0,02	0,02	1,61	0,53	2
3	0,26	0,02	0,02	1,61	0,7	2

201721033927_6

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,49	0,3	2
2	0,5	0,02	0,02	1,09	0,34	2
3	0,24	0,02	0,02	0,85	0,69	2

201721033927_7

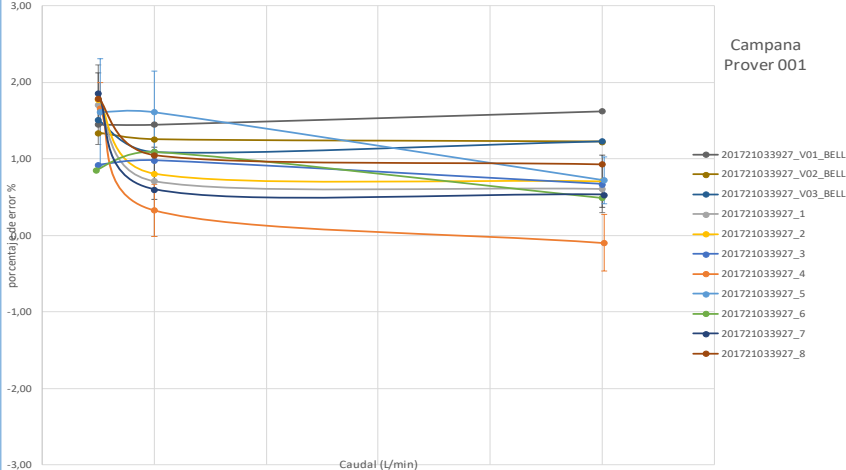
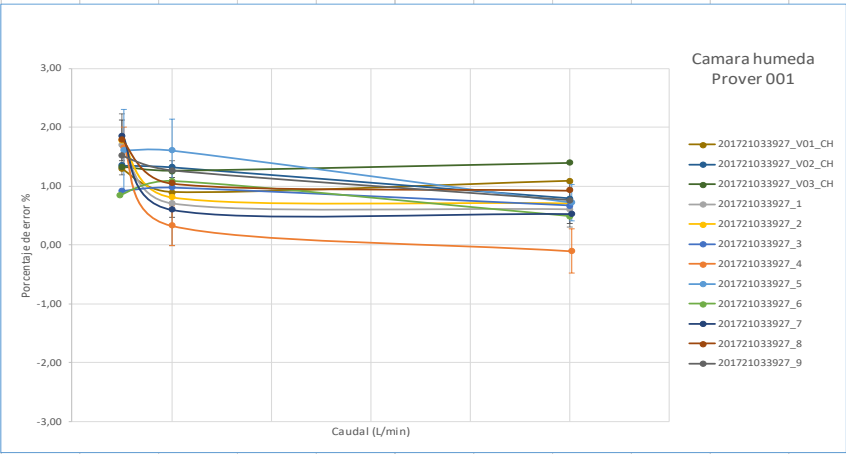
No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,51	0,07	0,07	0,53	0,31	2
2	0,5	0,02	0,02	0,6	0,42	2
3	0,25	0,02	0,02	1,86	0,64	2

201721033927_8

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,93	0,35	2
2	0,5	0,02	0,02	1,05	0,35	2
3	0,25	0,02	0,02	1,79	0,47	2

201721033927_9

No	Caudal	Volumen Patrón	Volumen Medidor	Error	U	k
	m³/hora	m³	m³	%	%	a/d
1	2,5	0,07	0,07	0,76	0,31	2
2	0,5	0,02	0,02	1,27	0,35	2
3	0,25	0,02	0,02	1,52	0,48	2



201721033927_V01_CH

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	---	[hPa]
4,11	30,00	1,09	0,156	0,32	2,0	0,9892	0,30
8,60	30,00	0,90	0,176	0,32	2,0	0,9911	0,34
40,91	130,00	1,29	0,045	0,28	2,0	0,9873	1,02

201721033927_V02_CH

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	---	[hPa]
4,14	30,00	0,79	0,351	0,46	2,2	0,9922	0,30
8,58	30,00	1,33	0,114	0,3	2,0	0,9869	0,33
42,68	130,00	1,35	0,056	0,29	2,0	0,9866	1,06

201721033927_V03_CH

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Meter Factor	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	---	[hPa]
4,10	30,00	1,40	0,195	0,33	2,0	0,9862	0,28
8,71	30,00	1,26	0,328	0,44	2,1	0,9876	0,33
43,03	130,00	1,33	0,020	0,28	2,0	0,9868	1,07

201721033927_V01_BELL

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	[hPa]
4,14	30,0	1,62	0,30	0,38	2,36	0,31
8,39	30,0	1,45	0,17	0,23	2,11	0,36
41,54	130,0	1,45	0,09	0,18	2,02	1,08

201721033927_V02_BELL

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	[hPa]
4,14	30,0	1,23	0,29	0,37	2,45	0,32
8,40	30,0	1,25	0,20	0,26	2,18	0,36
41,39	130,0	1,34	0,28	0,35	2,31	1,08

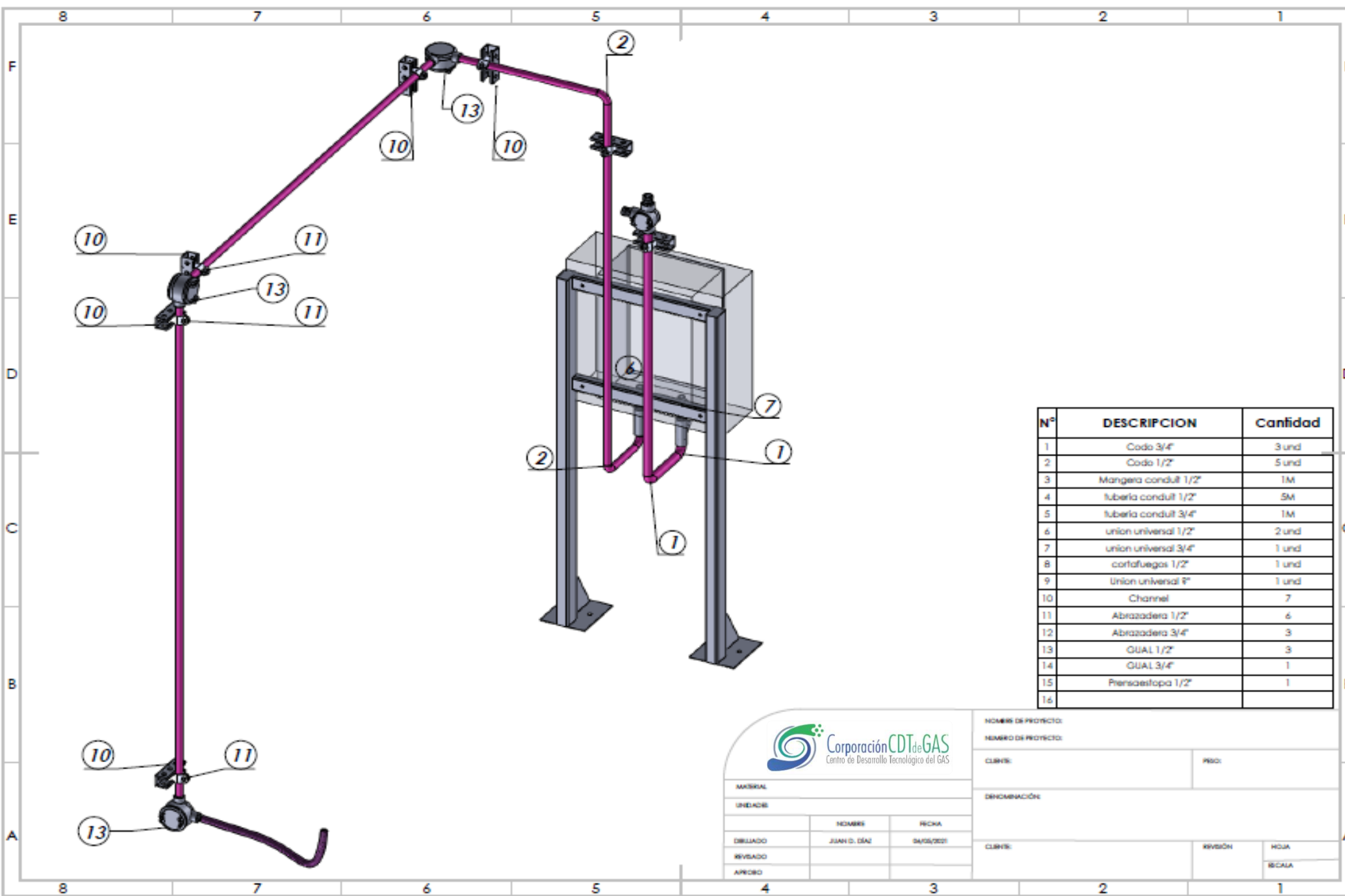
201721033927_V03_BELL

Caudal Promedio	Volumen de Prueba	Error Promedio	Desviación Estándar	± U	k	Diferencial de Presión
[dm³/min]	[dm³]	[%]	[%]	[%]	---	[hPa]
4,14	70,0	1,23	0,17	0,23	2,10	0,32
8,37	100,0	1,09	0,10	0,2	2,02	0,36
41,68	200,0	1,51	0,04	0,14	1,97	1,07

12.3 Anexo C: tabla de datos para precisión intermedia

		Caudal					Caudal		
		41,66	8,33	4,16			41,66	8,33	4,16
Prover - 004 201721057413 290121	7413_1	-1,38	-1,58	-1,03	Prover - 002 201721033927 270121	3927_1	1,95	0,87	1,87
		-1,77	-0,94	-0,95			1,94	1,37	0,73
		-1,12	-0,73	-1,3			2,29	1,27	1,25
	7413_2	-1,69	-1,51	-1,25		3927_2,0	1,44	1,71	0,9
		-2,08	-1,76	-1,52			1,42	1,05	1,64
		-2,06	-2,18	-1,03			1,41	1,22	1,5
	7413_3	-1,9	-1,61	-0,98		3927_4	1,23	0,96	1,59
		-2,08	-1,39	-1,79			1,11	0,43	1,17
		-1,97	-1,51	-0,77			1,53	0,37	1,55
	7413_4	-1,71	-0,93	-0,52		3927_5	1,18	0,9	0,85
		-1,72	-1,33	-1,4			1,16	1,16	1
		-1,93	-2,04	-0,92			1,03	1,52	1,07
	7413_5	-1,24	-1	-1,01		3927_6	0,69	0,92	1,72
		-1,58	-1,43	-1,08			0,76	0,96	0,77
		-1,25	-0,89	-0,45			0,66	0,96	1,45
	7413_6	-1,81	-1,62	-0,65		3927_7	1,18	0,73	1,62
		-1,79	-1,15	-0,85			1,14	1,32	0,91
		-1,48	-1,04	-1,62			1,05	1,12	1,66
	7413_7	-1,09	-1,6	-0,43		3927_8	1,09	0,71	2,17
		-1,15	-1,28	-0,98			1,03	1,4	1,66
		-1,17	-0,64	-1,39			1,04	0,75	1,27
	7413_8	-1,63	-1,14	-1,46		3927_9	1,35	1,1	1,62
		-1,45	-1,95	-0,57			1,27	1,49	1,26
		-1,19	-1,13	-1,32			1,39	1,29	1,28
		Caudal					Caudal		
		C1	C2	C3			41,66	8,33	4,16
Prover - 003 201221057413 270121	7413_1,0	-0,48	-0,21	-1,32	Prover - 001 201721033927 280121	3927_2,0	1,3	1,82	1,64
		-0,55	-0,77	0,27			1,35	1,08	1,68
		-0,48	-0,37	0,1			1,29	2	1,43
	7413_2	-1,49	-1,57	-0,87		3927_3	1,21	0,62	1,9
		-1,51	-1,02	-0,66			1,54	0,93	1,78
		-1,62	-0,88	0			1,13	0,79	1,64
	7413_3	-1,61	-0,56	-0,83		3927_4	1,18	0,63	1,99
		-1,63	-1,64	-0,82			1,16	1,16	1,16
		-1,72	-1,06	-0,13			1,22	1,53	2,14
	7413_4	-1,62	-1,36	-0,6		3927_5	1,18	0,79	1,8
		-1,35	-0,69	-0,48			1,09	1,38	1,15
		-1,68	-1,18	-1,01			1,02	1,86	1,72
	7413_5	-1,32	-1,86	-0,19		3927_6	0,24	1,44	2,45
		-1,7	-0,49	-0,96			0,3	0,53	1,98
		-1,71	-1,19	-0,78			0,45	0,76	2,14
	7413_7	-1,03	0,26	0,63		3927_7	0,89	0,84	2,55
		-1,14	-0,9	1,44			0,73	0,82	3,06
		-1,26	-0,68	-0,11			0,65	1,04	1,95
	7413_8	-1,2	-1,52	-0,12		3927_8	0,96	0,63	3,16
		-1,22	-0,67	1,22			0,93	1,16	2,07
		-1,31	-0,12	-0,26			1,17	1,52	2,35
	7413_9	-1,19	0,46	-0,44		3927_9	0,95	1,07	1,21
		-1,19	-1,59	0,09			1,03	1,26	1,41
		-1,23	-0,19	-0,07			1,04	1,57	1,72

12.4 Anexo D: Planimetría trazados Conduit N.º 1, N.º 2, N.º 3



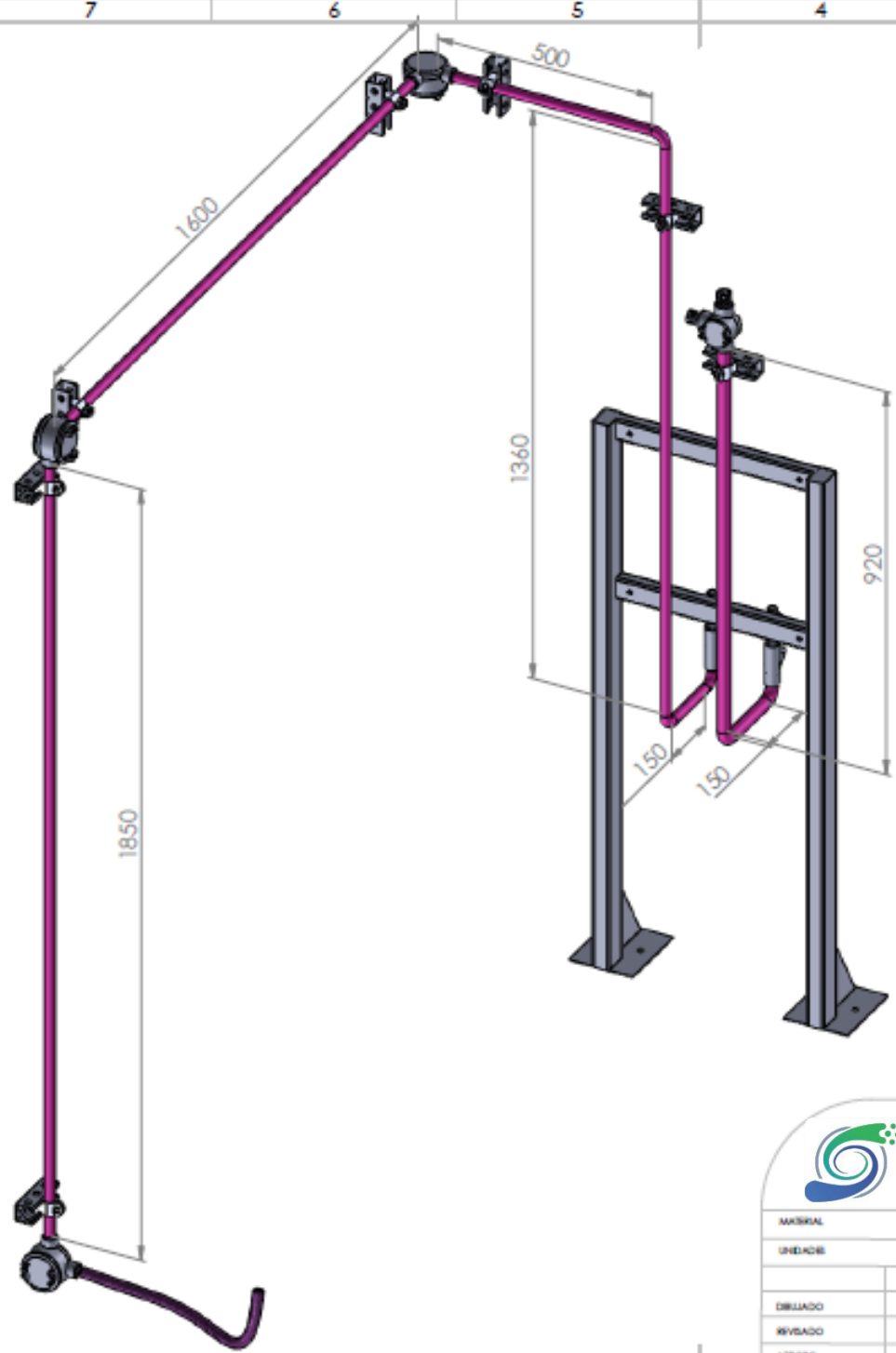
Nº	DESCRIPCION	Cantidad
1	Codo 3/4"	3 und
2	Codo 1/2"	5 und
3	Mangera conduit 1/2"	1M
4	tubería conduit 1/2"	5M
5	tubería conduit 3/4"	1M
6	union universal 1/2"	2 und
7	union universal 3/4"	1 und
8	corfuegos 1/2"	1 und
9	Union universal 1"	1 und
10	Channel	7
11	Abrazadera 1/2"	6
12	Abrazadera 3/4"	3
13	GUAL 1/2"	3
14	GUAL 3/4"	1
15	Prensaestopa 1/2"	1
16		



Corporación CDT de GAS
 Centro de Desarrollo Tecnológico del GAS

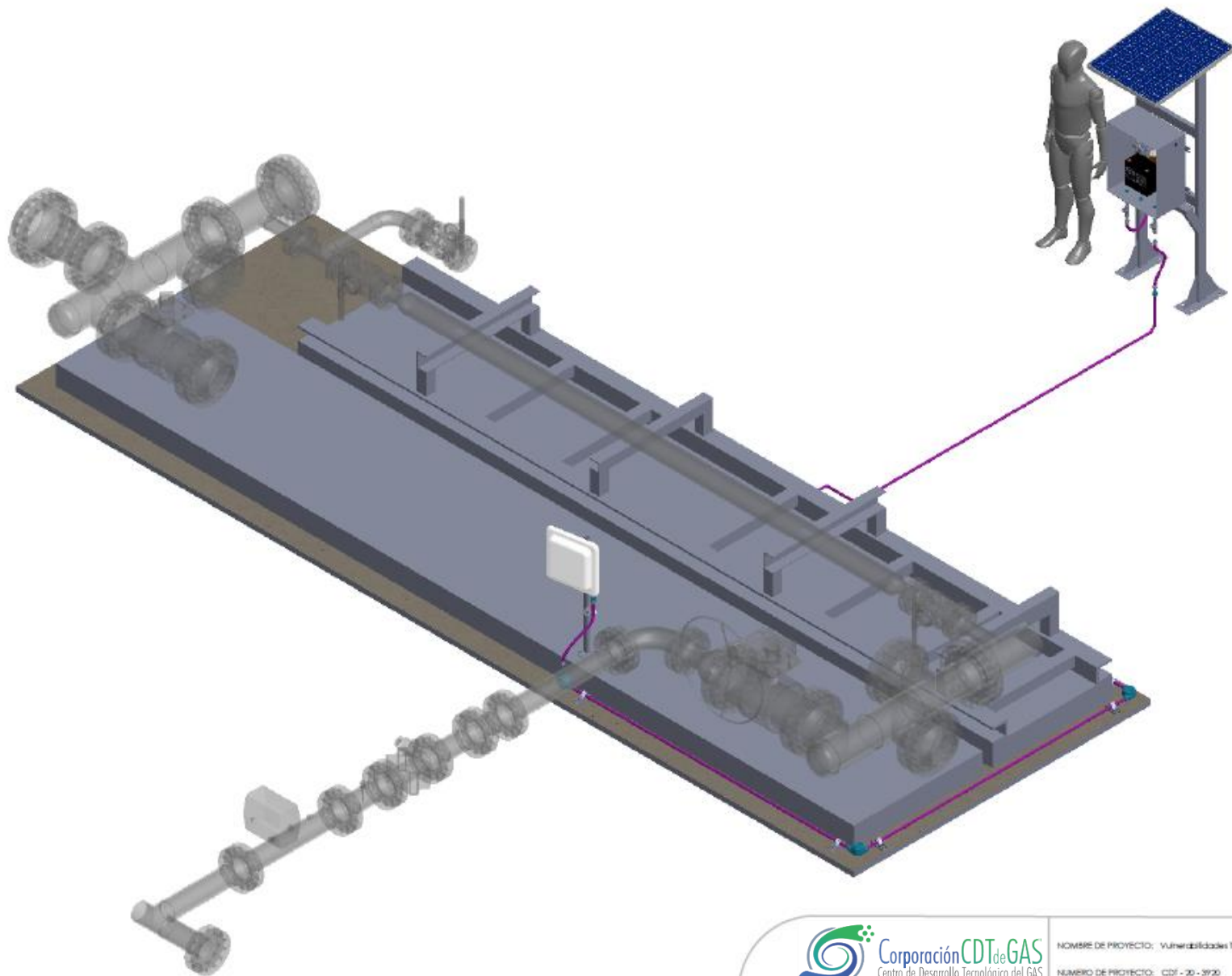
NOMBRE DE PROYECTO:		PRO:	
NÚMERO DE PROYECTO:			
CLIENTE:			
DESCRIPCIÓN:			
CLIENTE:		REVISIÓN:	HOJA:
			SCALA:

MATERIAL:	NOMBRE:	FECHA:
UNIDADES:	JOAQUÍN DEAZ	04/05/2021
DISEÑADO:		
REVISADO:		
APROBADO:		



MATERIAL		
UNIDADES		
	NOMBRE	FECHA
DISEÑADO	JUAN D. DÍAZ	04/02/2021
REVISADO		
APROBADO		

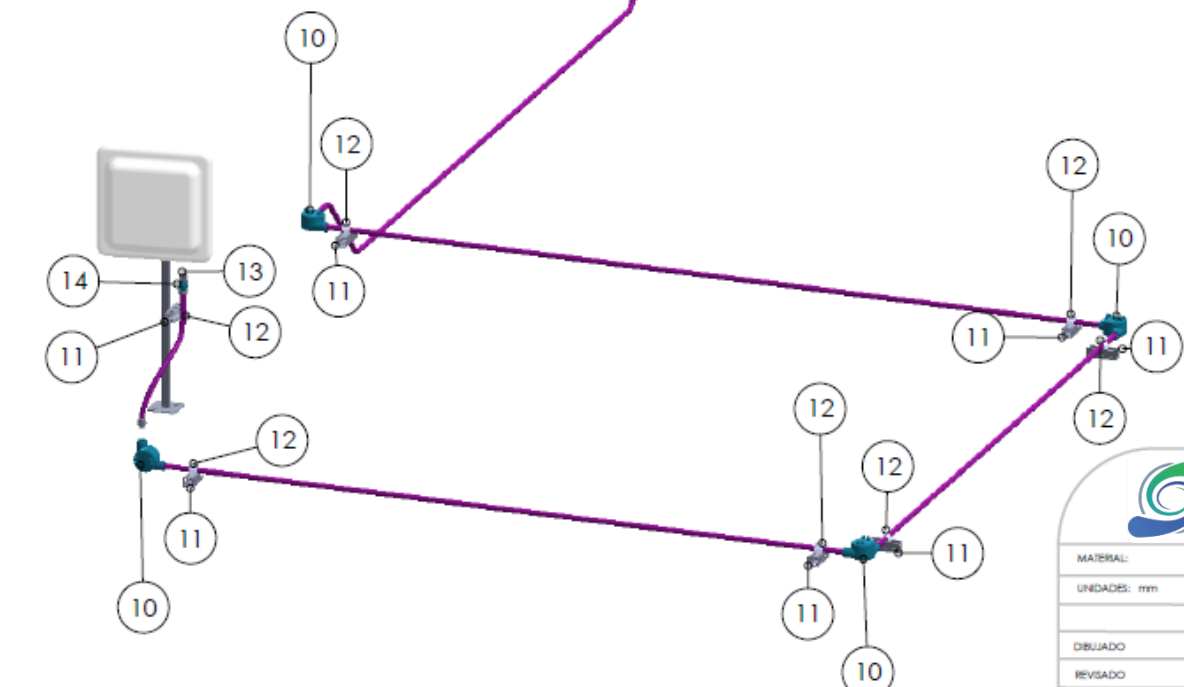
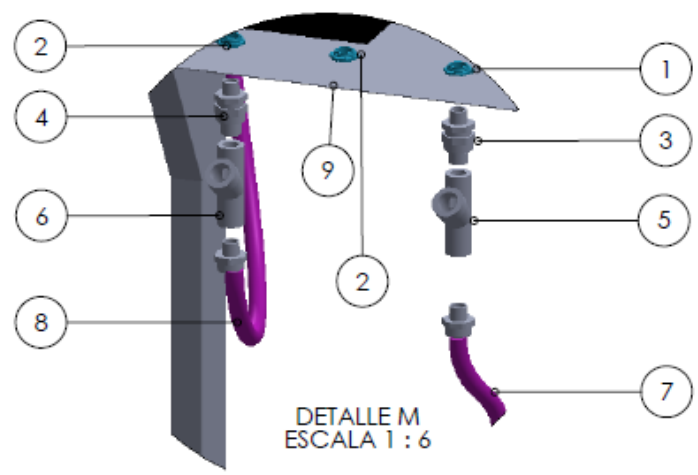
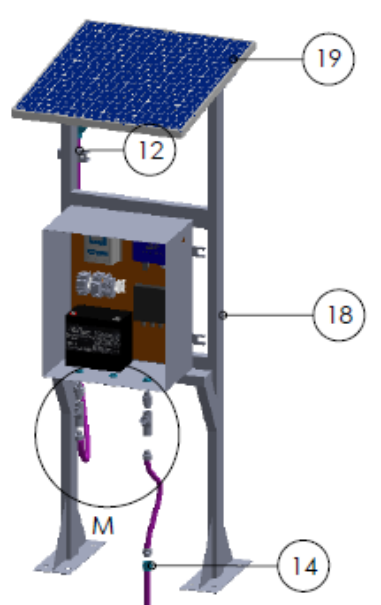
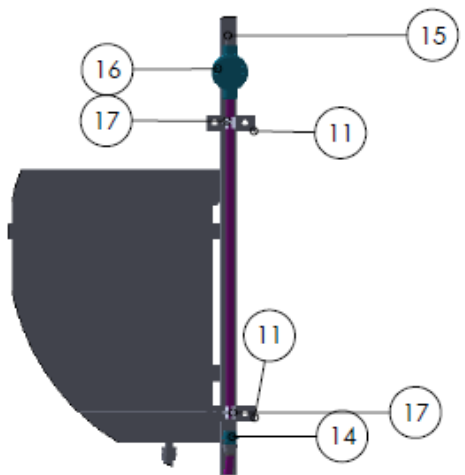
NOMBRE DE PROYECTO:		
NÚMERO DE PROYECTO:		
CLIENTE:	PROYECTO:	
DENOMINACIÓN:		
CLIENTE:	REVISIÓN:	HUJA:
		ESCALA:



NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidades IGI
 NUMERO DE PROYECTO: CDT - 20 - 3920

MATERIAL:		
UNIDADES: mm		
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA
REVISADO		
APROBADO		
	JUAN D. DIAZ	24/05/21

CUENTE: IGI	PESO:
DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades	
Nombre de hoja:	REVISIÓN
Montaje general, vista isométrica	HOJA:
	ESCALA:

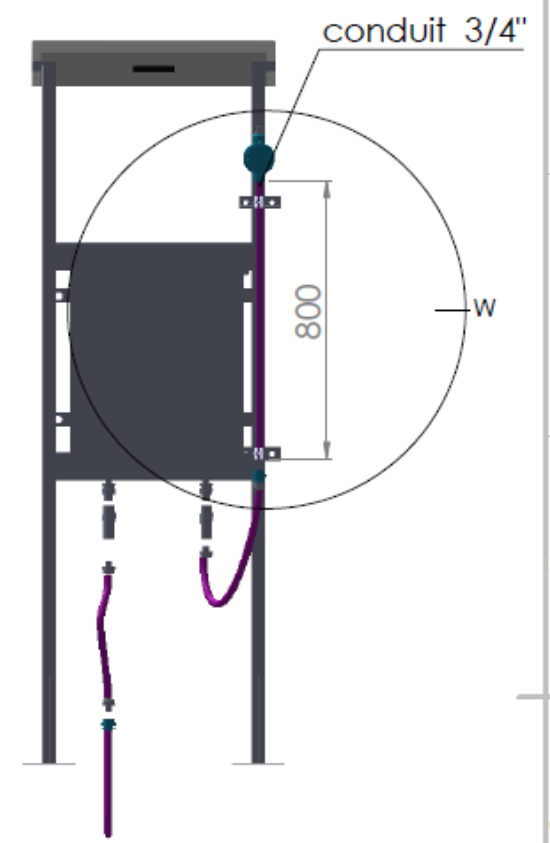
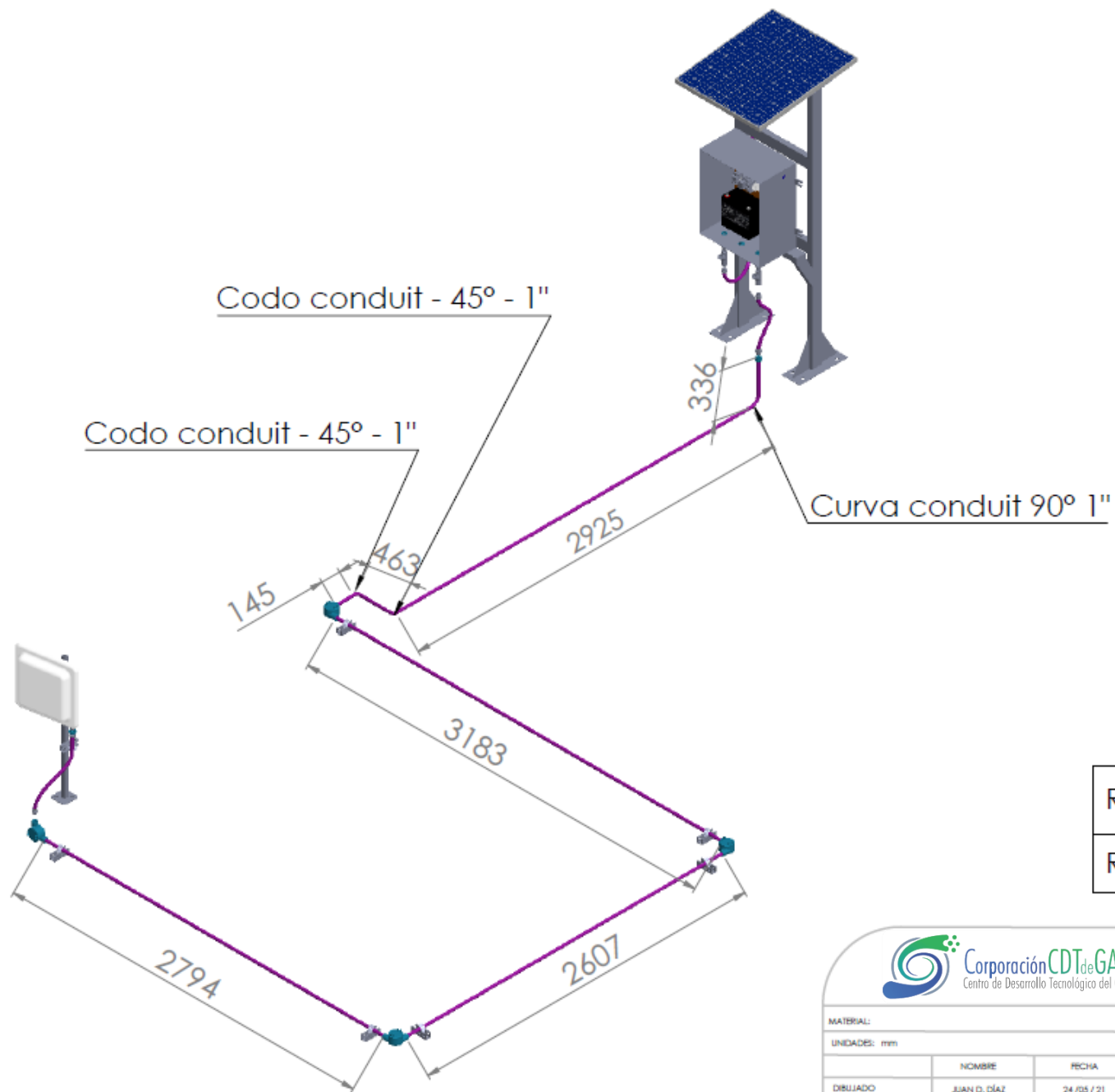


Nº	Descripción	Und
1	Hub 1"	1
2	Hub 3/4"	2
3	Union universal 1" M x M	1
4	Union universal 3/4" M x M	1
5	Cortafuegos 1" + pasta chico R	1
6	Cortafuegos 3/4" + cementado	1
7	Conduit flexible 1" * 38" largo M x H	2
8	Conduit flexible 3/4" * 20" largo M x H	1
9	Tapon 3/4"	1
10	GUAN 1"	4
11	Channel - canal estructural perforado	9
12	Abrazadera ajustable 1"	9
13	Prensaestopa 1"	1
14	Union universal 1" H x H	5
15	Prensaestopa 3/4"	1
16	GUAC 3/4"	1
17	Abrazadera ajustable 3/4"	2
18	Estructura cofre	1
19	Panel solar	1




MATERIAL:		
UNIDADES: mm		
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA
REVISADO		
APROBADO		

NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidad TGI	
NUMERO DE PROYECTO: CDT - 20 - 3920	
CLIENTE: TGI	PESO:
DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades	
Nombre de hoja:	REVISIÓN
Bloques, vista dieléctrica isométrica	HOJA:
	ESCALA:



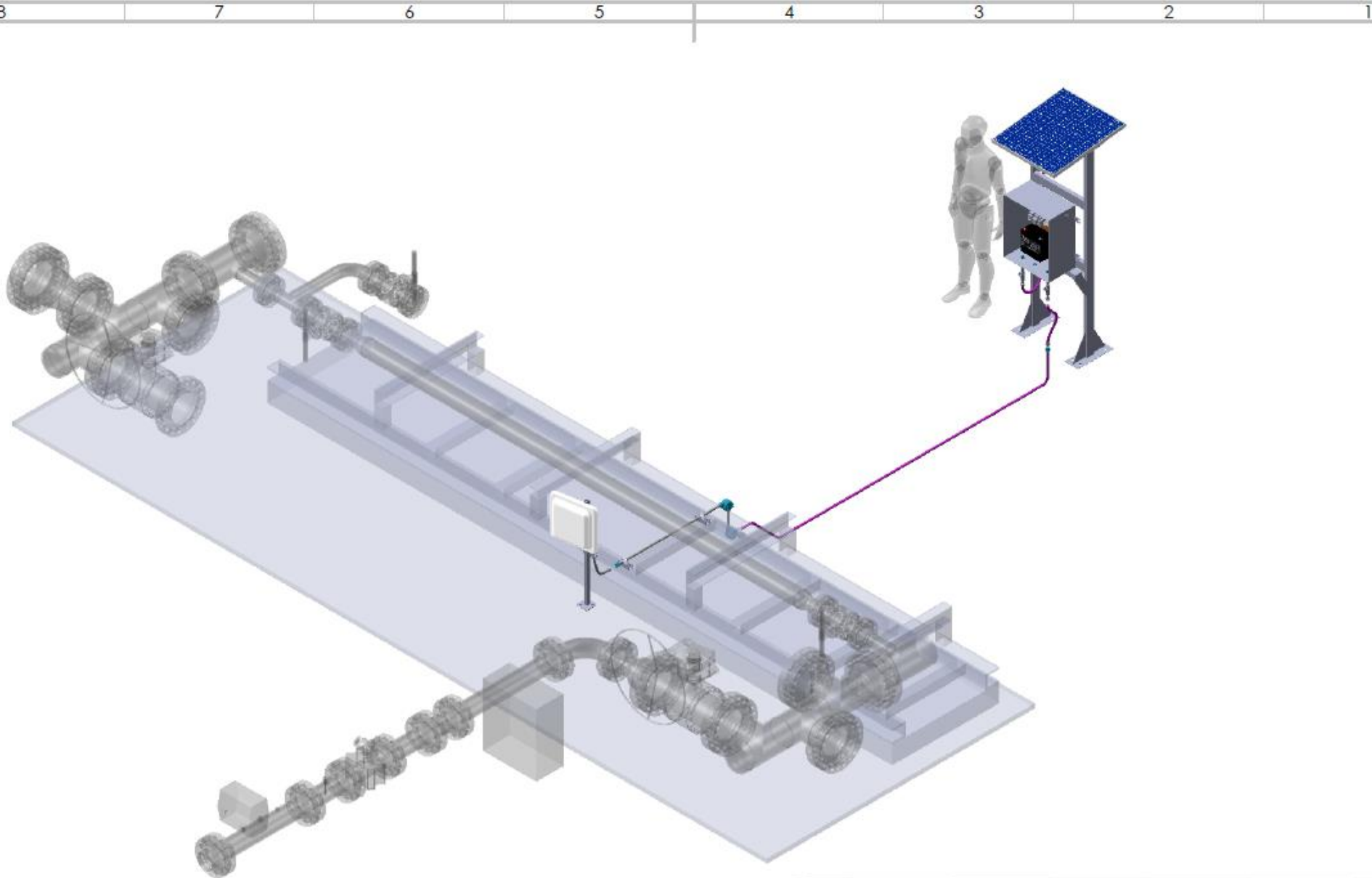
RIGID Metal Conduit 1"	12.7 m
RIGID Metal Conduit 3/4"	0.8 m



Corporación CDT de GAS
Centro de Desarrollo Tecnológico del GAS

MATERIAL:		NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidades IGI	
UNIDADES: mm		NÚMERO DE PROYECTO: CDE - 30 - 3920	
CLIENTE: IGI		PESO:	
DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades		HOJA:	
Nombre de hoja: Montaje general, vista isométrica		REVISIÓN:	
APROBADO:		ESCALA:	

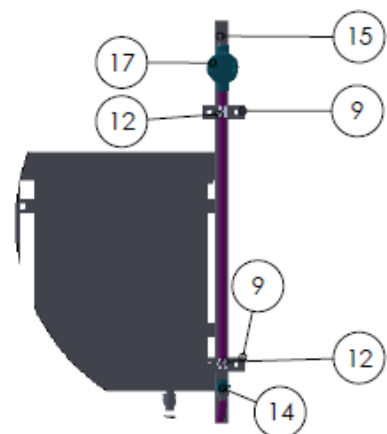
DIBUJADO	NOMBRE	FECHA
REVISADO		
APROBADO		



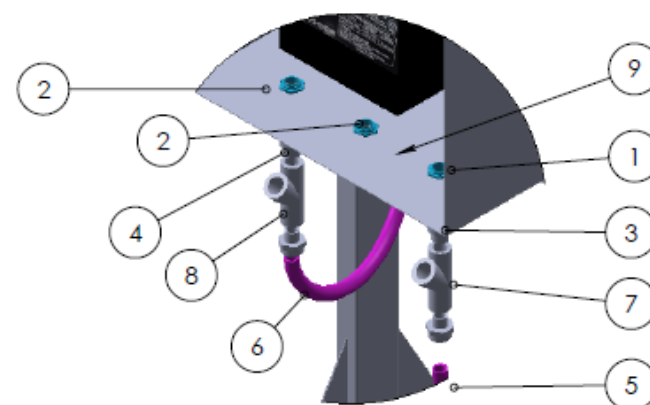
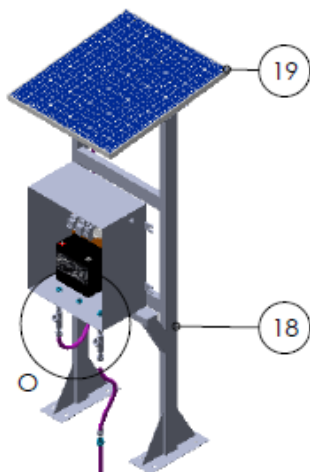
NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidades TGI
 NUMERO DE PROYECTO: CDT - 20 - 3920

MATERIAL:		
UNIDADES: mm		
	NOMBRE	FECHA
DIBUJADO	JUAN D. DIAZ	24.05 / 21
REVISADO		
APROBADO		

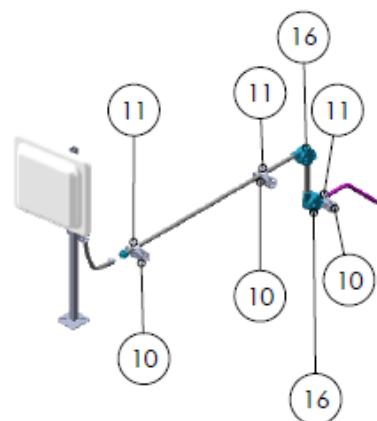
CLIENTE: TGI		PESO:	
DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades			
Nombre de hoja: Montaje general, vista isométrica		REVISIÓN	HOJA:
			ESCALA:



DETALLE Q - vista posterior caja nema 4
ESCALA 1 : 15



DETALLE O
ESCALA 1 : 7



N°	Descripción	Und
1	Hub 1"	1
2	Hub 3/4"	2
3	Union universal 1" M x M	2
4	Union universal 3/4" M x M	5
5	Conduit flexible 1" * 38" largo M x H	1
6	Conduit flexible 3/4" * 20" largo M x H	1
7	Cortafuegos 1" H x H + Pasta chico R	1
8	Cortafuegos 3/4" H x H + Pasta chico R	2
9	Tapon 3/4"	1
10	Chanel - Canal estructural Perforado	6
11	Abrazadera ajustable 1"	4
12	Abrazadera ajustable 3/4"	2
13	Prensaestopa 1"	1
14	Union universal 1" H x H	2
15	Prensaestopa 3/4"	1
16	GUAN 1"	2
17	GUAC 3/4"	1
18	Estructura cofre nema 4x	1
19	Panel solar	1



NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidad TGI

NUMERO DE PROYECTO: CDT - 20 - 3920

MATERIAL:

UNIDADES: mm

	NOMBRE	FECHA
DEJADO	JUAN D. DIAZ	24 / 05 / 21
REVISADO		
APROBADO		

CLIENTE: TGI

PESO:

DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades

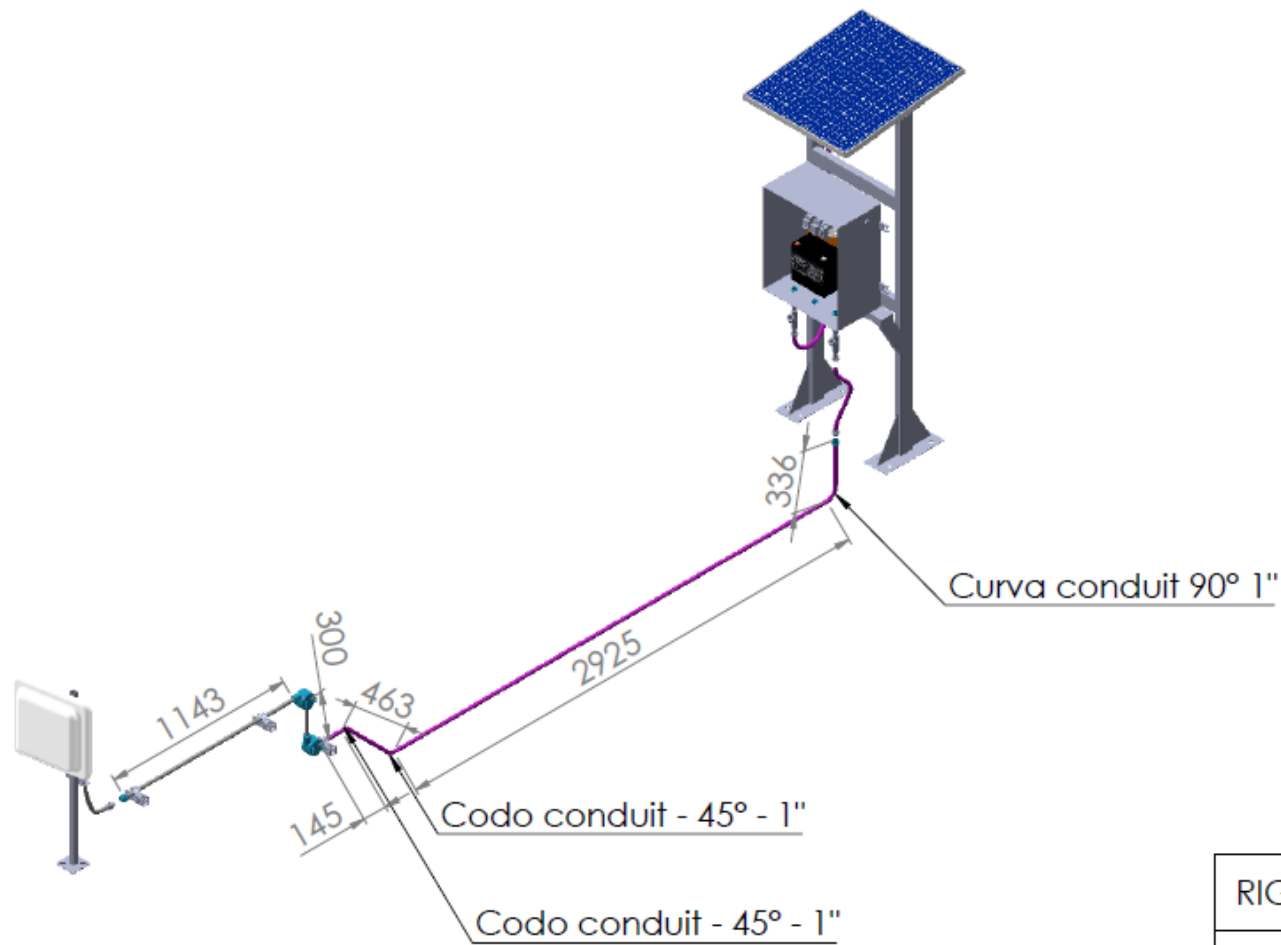
Nombre de hoja:

Montaje general, vista isométrica

REVISIÓN

HOJA:

ESCALA:

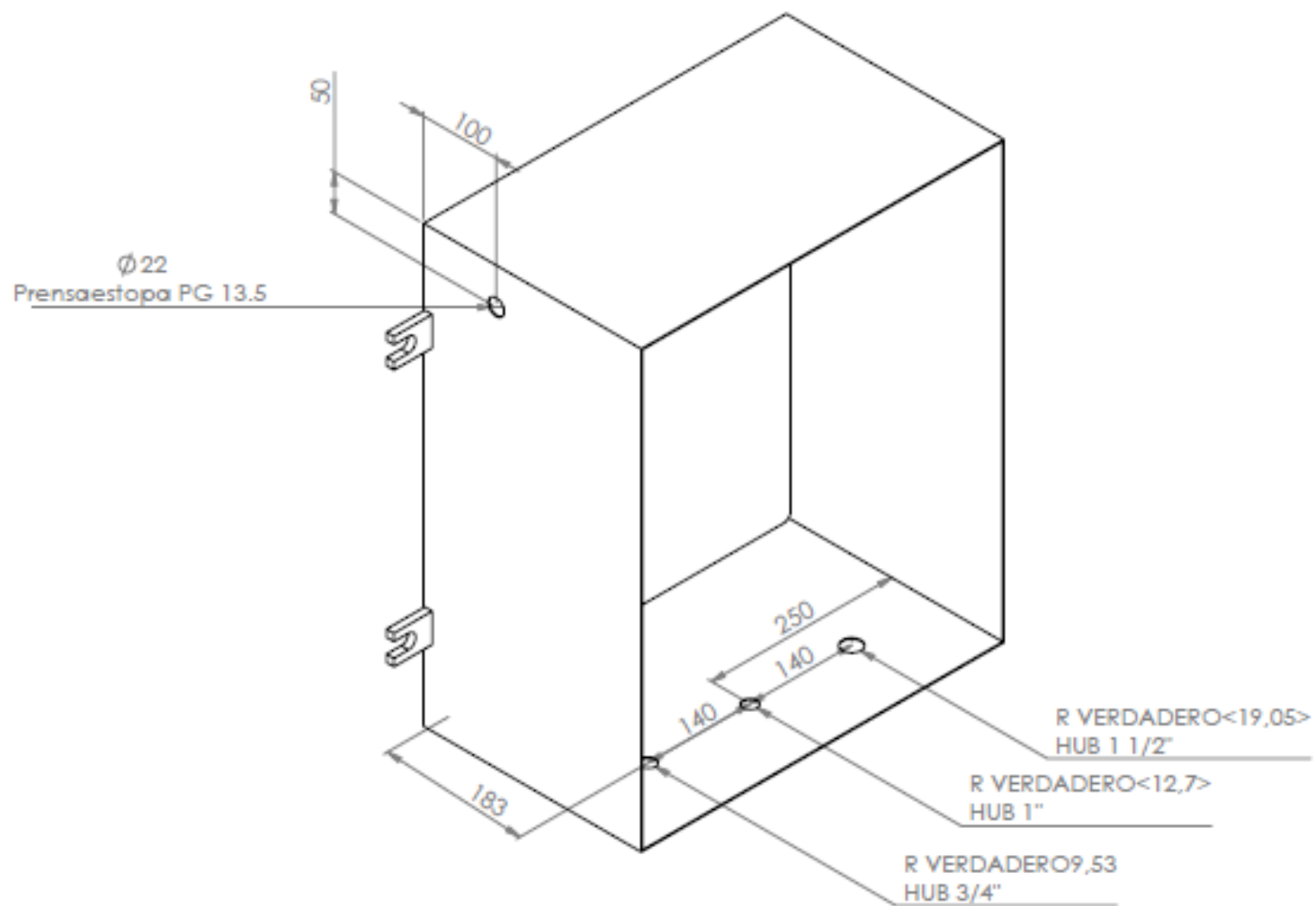


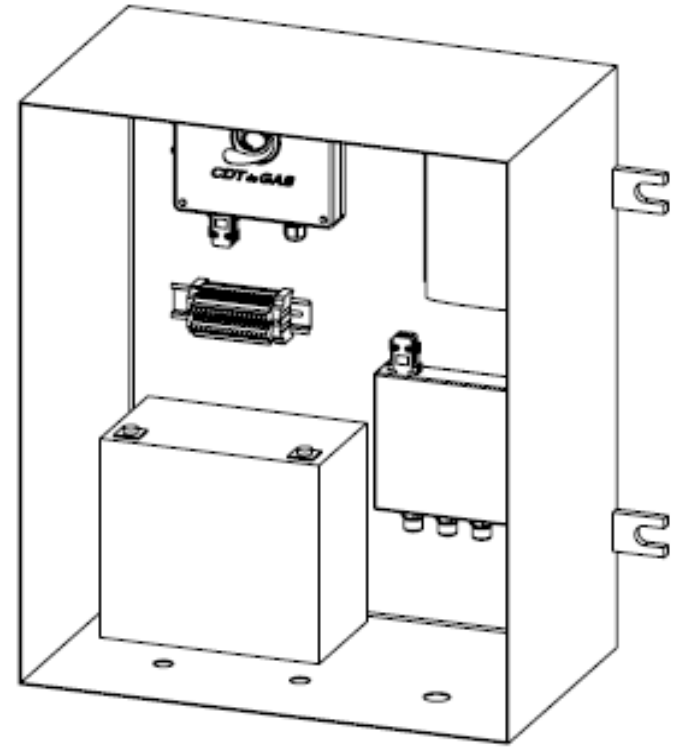
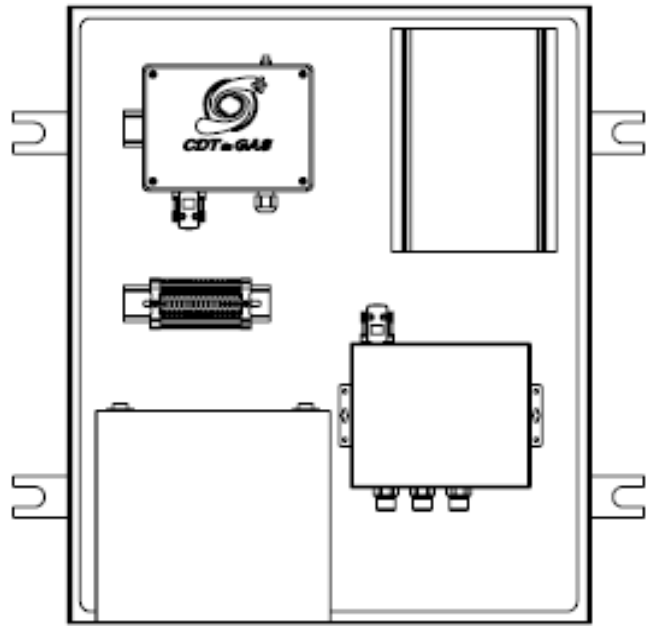
RIGID Metal conduit 1"	5.6 m
RIGID Metal Conduit 3/4"	0.8m

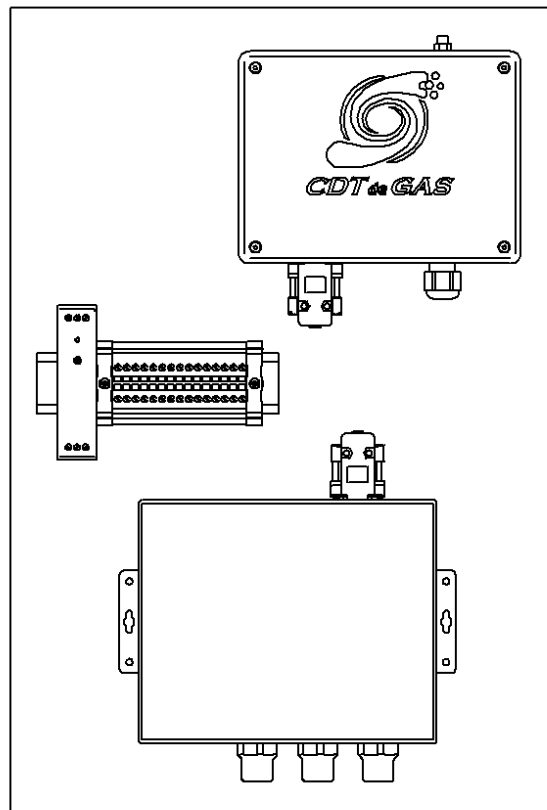
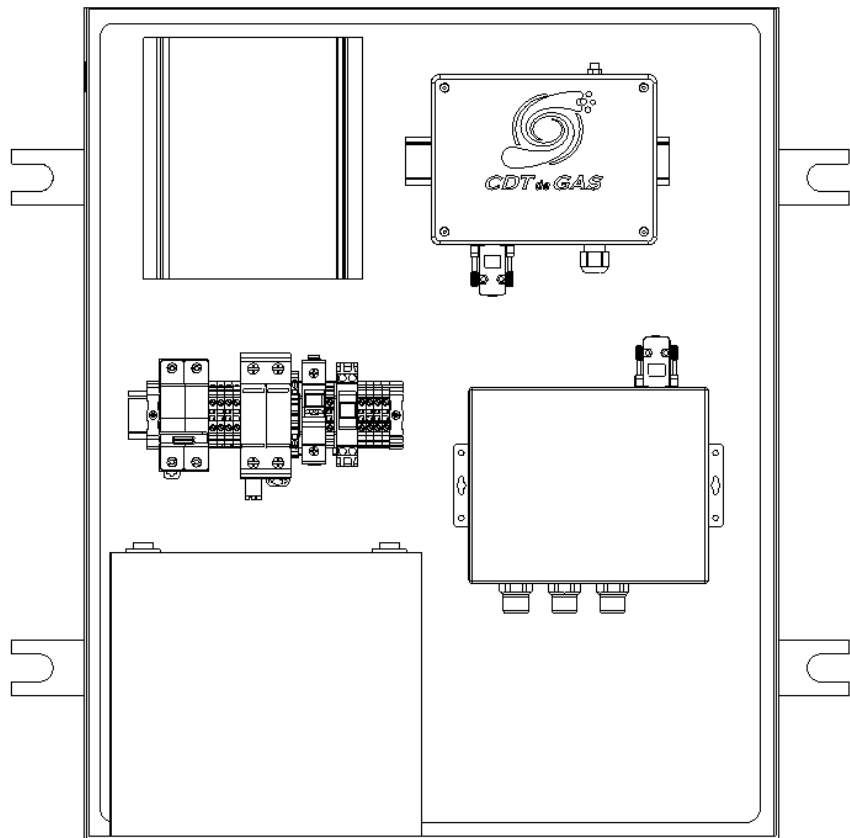


MATERIAL: UNIDADES: mm			NOMBRE DE PROYECTO: Vulnerabilidad TGI NUMERO DE PROYECTO: CDT - 20 - 3920		
CLIENTE: TGI			PESO:		
DENOMINACIÓN: Sistema de monitoreo de vulnerabilidades			Nombre de hoja:		
DIBUJADO: JUAN D. DÍAZ 24 / 05 / 21			Montaje general, vista isométrica		REVISIÓN:
REVISADO:			HOJA:		ESCALA:
APROBADO:			ESCALA:		

12.5 Anexo E: Selección y distribución de cofres para áreas clasificadas







12.6 Anexo F: Formato comprobante de verificación

El informe completo presentara una serie de datos ordenados correspondientes a:

- Datos de entrada
- Parámetros y resultados de la verificación
- Condiciones ambientales
- Conformidad.

REPORTE DE VERIFICACIÓN

Reporte N° 001-210122_3_001

a	Código de usuario: 001						
	Número OT: 210122_3_001						
	Datos del Medidor:						
	Marca: SHINHAM			Designación: G1.6			
	No.Serial: 201721033927_3			Izqda: <input type="checkbox"/>	Dcha: <input checked="" type="checkbox"/>		
Fecha ejec: 21/01/2021 Hora ini: 08:06 Hora fin: 08:59							
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN							
Tasa de flujo: $0,1 Q_{m\acute{a}x} < Q < Q_{m\acute{a}x}$ EMP NTC2728 $\pm 3\%$							
Resultados de la Verificación:							
b	PUNTO	CAUDAL	VOL PATRÓN	VOL MEDIDOR	ERROR	U	K
		m ³ /h	m ³	m ³	%	%	
	1	2.4993	0.0699	0.0700	0.17	0.31	2
	2	0.5007	0.0199	0.0200	0.41	0.46	2
3	0.2519	0.0201	0.0200	-0.42	0.44	2	
Medidor Patrón: GMP2.5_001							
Trazabilidad: Trazabilidad al SI a través de certificado							
No: emitido por el laboratorio de metrología de Llanogas S.A. ESP - Acreditación ONAC 10-LAC-060.							
La incertidumbre reportada se ha determinado multiplicando la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura K=2, con el cual se logra un nivel de confianza de aproximadamente un 95%.							
c	Condiciones Ambientales:						
	Temperatura ambiente:						
	Promedio: 30.0 °C		Máximo: 30.1 °C		Mínimo: 29.9 °C		
	Humedad relativa:						
Promedio: 65.4 %		Máximo: 65.5 %		Mínimo: 65.3 %			
Presión Atmosférica:							
Promedio: 912.3 hPa		Máximo: 912.4 hPa		Mínimo: 912.3 hPa			
d	Conformidad: Sí: <input checked="" type="checkbox"/> No: <input type="checkbox"/>						
	Realizado por: JUAN DIEGO DIAZ LOPEZ						

12.7 Anexo G: Montaje conduit sitio N°1



12.8 Anexo H: Montaje conduit sitio N°2



12.9 Anexo I: Montaje conduit sitio N°3

