



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE SERVICIO DEL EDIFICIO DE CONTROL, TRAMO CASA DE MÁQUINAS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA URRÁ I.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

EMPRESA MULTIPROPÓSITO URRÁ S.A. E.S.P.

OVER JOSÉ DOMÍNGUEZ AGÁMEZ

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA CÓRDOBA

2022



Certificado GP 134-1



ISO 9001

Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

DISEÑO DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE SERVICIO DEL EDIFICIO DE CONTROL, TRAMO CASA DE MÁQUINAS EN LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA URRÁ I.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

EMPRESA MULTIPROPÓSITO URRÁ S.A. E.S.P.

OVER JOSÉ DOMÍNGUEZ AGÁMEZ

Trabajo de grado presentado, en la modalidad de Práctica Empresarial para optar al
Título de Ingeniero Mecánico.

Director (es):

ARNOLD RAFAEL MARTÍNEZ GUARÍN, MSc.

LINA MARCELA TORO HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
INGENIERÍA MECÁNICA
MONTERÍA CÓRDOBA

2022



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

La responsabilidad ética, legal y científica, de las ideas, conceptos, y resultados del proyecto de investigación, serán responsabilidad de los autores.

Artículo 59, Acuerdo N° 022 del 21 de febrero de 2018 del Consejo Superior.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

Nota de aceptación

LUIS ARMANDO ESPITIA SANJUÁN

Jurado

YAHIR ENRIQUE GONZÁLEZ DÓRIA

Jurado



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



*A Dios por regalarme la vida y el espíritu
para afrontar todos los retos que se me
presentaron en mi formación.
A mis padres por brindarme la oportunidad
de formarme como profesional, apoyarme en
este proceso, en los momentos difíciles y
siempre confiar en mí.
Este logro se lo dedico con mucho amor a
Oliva Rosa Agamez Castillo, que desde el
cielo me cuida.*

Agradecimientos especiales a:

Agradezco sinceramente a los docentes del programa de Ingeniería Mecánica, por la transmisión de conocimiento y formación integral durante esta etapa de estudiante, al ingeniero Arnold Martínez quien fue un ejemplo durante todos estos años, agradezco al grupo mecánico de la Central Hidroeléctrica URRÁ I, en especial a la ingeniería Lina Toro, quienes con su experiencia y amabilidad me aportaron muchos conocimientos para mi vida profesional.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

TABLA DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	10
2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA	12
3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL	16
4. DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA	20
5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS	22
6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO	31
7. APORTES DEL ESTUDIANTE	52
8. CONCLUSIONES	53
9. RECOMENDACIONES	53
10. BIBLIOGRAFÍA	54



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CORDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Valores de rugosidad.....	18
Tabla 2. Accesorios en tubería de succión	37
Tabla 3. Resumen de cálculo de pérdidas en tubería de succión.....	38
Tabla 4. Resumen de cálculo de pérdidas en tubería de descarga.....	38
Tabla 5. Cálculo de potencia de la bomba.....	39
Tabla 6. Cálculo de espesor de tubería.....	41
Tabla 7. Espesores de tubería Acero Inoxidable según ASME B36.19M.....	42
Tabla 8. Cálculos tubería de succión.....	43
Tabla 9. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\theta 2$ in.....	44
Tabla 10. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\theta 2$ in.....	44
Tabla 11. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\theta 2$ 1/2 in.....	45
Tabla 12. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\theta 2$ 1/2 in.....	45
Tabla 13. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\theta 3$ in.....	46
Tabla 14. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\theta 3$ in.....	46



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización del embalse, Central Hidroeléctrica URRÁ I.....	12
Figura 2. Empresas URRÁ S.A. E.S.P y EMEC S.A.S.	13
Figura 3. Estructura organizacional de URRÁ S.A E.S.P.....	14
Figura 4. Corrosión en tubería de distribución de agua de servicio.	21
Figura 5. Sistema de ventilación, casa de máquinas.	23
Figura 6. Limpieza de rejillas de ventilación y nivelación de poleas.....	23
Figura 7. Bomba de llenado de laguna contra incendios.....	24
Figura 8. Mantenimientos compresores de baja presión.	25
Figura 10. Cojinete de empuje del generador.....	27
Figura 11. Sistema Hidráulico, distribuidor de la turbina.	28
Figura 12. Sistema Hidráulico, distribuidor de la turbina.	28
Figura 13. Apriete, pernos del sistema de frenado.	29
Figura 14. Mantenimiento sistema SAP, regulador de velocidad.	30
Figura 15. Medición de tubería del tramo casa de máquinas.	32
Figura 16. Plantilla de cálculo de pérdidas primarias y secundarias, succión.....	35
Figura 17. Dimensiones de una brida según el tamaño de la tubería.	48



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Catálogo de bombas instaladas.....	55
Anexo 2. Dimensiones de tubería según ASME B36.19M.....	56
Anexo 3. Factores de calidad básicos para juntas longitudinales soldadas en tuberías, tubos y accesorios.....	57
Anexo 4. Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales.....	58
Anexo 5. Factor de reducción de Solidez de soldadura. W. ASME B31.3.....	59
Anexo 6. Valores de coeficiente Y.....	59
Anexo 7. Tabla para Rating Presión-Temperatura. ANSI B-16.....	60
Anexo 8. Planos del sistema de distribución de agua del edificio de control, tramo casa de máquinas.....	61



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

1. INTRODUCCIÓN

Las necesidades energéticas de Colombia, en el escenario de transformación energética global, marcada por el cuidado del medio ambiente y el crecimiento económico, desarrollo tecnológico y compromisos de mitigar los impactos del cambio climático aprovechan la topografía del territorio colombiano a su favor para la implementación de hidroeléctricas que no generan emisiones de forma directa a la atmósfera. La principal fuente de energía eléctrica del país proviene de las hidroeléctricas que aportan entre el 70% y el 80% de la energía total que ingresa al Sistema Interconectado Nacional [SIN] (Cuevas et al. 2019).

La Empresa genera y comercializa en todo el país la energía que produce la Central Hidroeléctrica URRÁ I, localizada al sur del Municipio de Tierralta, en el departamento de Córdoba.

La Central Hidroeléctrica URRÁ I propiedad de URRÁ S.A E.S.P. es la única generadora hidráulica de la región caribe, con su embalse de 7.678 hectáreas de área y volumen útil de 1.237,91 millones de m³ es capaz de generar 930 GWh/año. Con capacidad instalada de 340 MW distribuida en 4 turbinas Francis de 85 MW cada una. La central cuenta con una casa de Máquinas, de tipo superficial donde se encuentran los cuatro conjuntos turbina-generador tipo Francis de eje vertical de 85 MW por unidad, las dimensiones son 44 metros de altura y 130 metros de largo.

Esta zona tiene gran importancia para las prácticas de Ingeniería Mecánica, ya que permite realizar gran parte de las actividades inherentes al mantenimiento mecánico y conocer el funcionamiento de los diferentes sistemas que integran la generación de energía hidráulica.

La práctica empresarial tiene como propósito realizar el acompañamiento y participación en la ejecución de los mantenimientos preventivos, correctivos y predictivos realizados por el grupo de mantenimiento mecánico a las unidades de generación en la Central.



Certificado GP 134-1



ISO 9001

Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



1.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de distribución para el suministro de agua de servicio en el edificio de control, tramo Casa de máquinas en la Central Hidroeléctrica URRÁ I.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Calcular las pérdidas primarias, secundarias y potencia de la bomba con la tubería actual de acero al carbono de diámetro 3 pulgadas y la tubería propuesta de acero inoxidable, utilizando diámetros de 2, 2 ½ y 3 pulgadas.
- Elaborar planos para la construcción y montaje de la tubería de agua de servicio del edificio de control tramo Casa de Máquinas bajo la norma NTC 2047 utilizando el software SolidWorks.
- Realizar presupuesto para la tubería de distribución de agua de servicio del edificio de control tramo Casa de Máquinas utilizando como material acero inoxidable.



Certificado GP 134-1



ISO 9001

Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

2. PLATAFORMA ESTRATÉGICA DE LA EMPRESA.

2.1. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA.

La Central Hidroeléctrica URRÁ I, se encuentra ubicada al sur del departamento de Córdoba en el noroccidente colombiano (figura 1), con una distancia de 110 kilómetros desde Montería (ciudad capital), y 30 kilómetros desde el municipio de Tierralta, área de influencia directa del complejo hidroeléctrico,

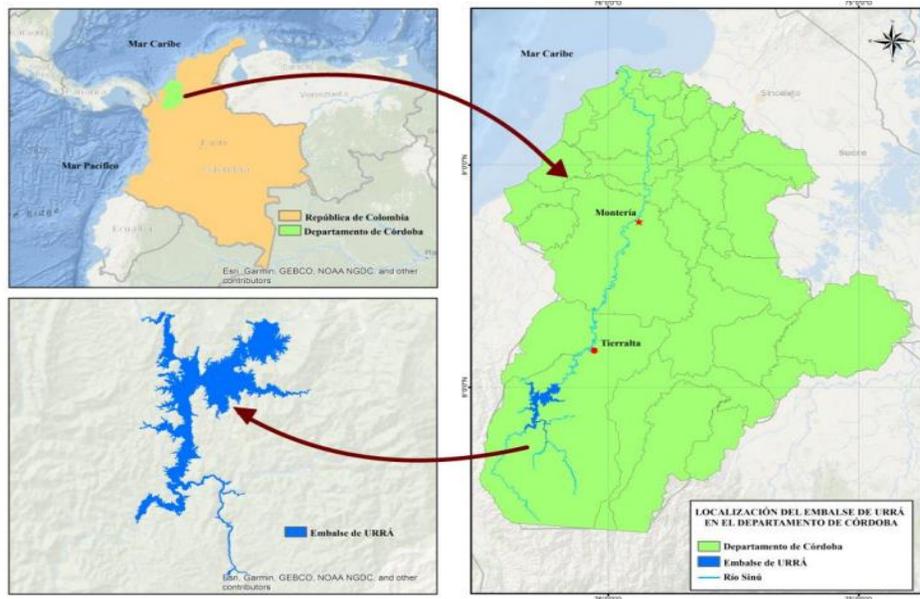


Figura 1. Localización del embalse, Central Hidroeléctrica URRÁ I.

Fuente: URRÁ S.A. E.S.P., 2021.

La Central Hidroeléctrica URRÁ I es propiedad de URRÁ S.A. E.S.P. la cual, es una empresa de servicios públicos mixta, de nacionalidad colombiana, constituida como sociedad por acciones, del tipo de las anónimas, sometida al régimen general de los servicios públicos domiciliarios y que ejerce sus actividades dentro del ámbito del derecho privado como empresario mercantil.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

La principal fuente de abastecimiento de agua del embalse es el río Sinú y sus afluentes (ríos Manso, Tigre, Verde y Esmeralda) que nacen en el Parque Nacional Natural Paramillo, cubierto en su mayor parte por bosque húmedo tropical.

Es la única central hidroeléctrica de la Región Caribe y tiene una capacidad instalada de 340 MW, distribuida en cuatro turbinas Francis de eje vertical de 85 MW cada una. La energía media histórica de la central hidroeléctrica es de 1308 GWh/año y la energía firme anual es de 930 GWh/año.

La central hidroeléctrica URRÁ I está conectada a la subestación Cerro matoso, y en conjunto con las centrales térmicas de la zona, para integra el soporte energético de la región Caribe. Desde el año 2000 la empresa URRÁ S.A. E.S.P. genera y comercializa en todo el país la energía, además tiene como propósito regular el caudal natural del río Sinú, reportando la contención de crecientes con caudal promedio diario registrado de más de 700 m³ s⁻¹

Desde el 6 de diciembre de 2000 se contrató la firma EMEC LTDA para realizar la Administración Operación y Mantenimiento a la Central Hidroeléctrica URRÁ I, entidad privada creada en 1996 para la prestación de servicios de Administración, Operación y Mantenimiento de Centrales Hidroeléctricas y Subestaciones de Energía.



Figura 2. Empresas URRÁ S.A. E.S.P y EMEC S.A.S.
Fuente: URRÁ S.A. E.S.P., 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



MISIÓN

En URRÁ S.A. generamos y comercializamos energía eléctrica, aportando firmeza y confiabilidad al sistema interconectado nacional. Desarrollamos nuestra gestión hacia los grupos de interés con lealtad, responsabilidad social empresarial, sostenibilidad y efectividad, utilizando herramientas tecnológicas modernas.

VISIÓN

En el 2022, URRÁ S.A. E.S.P., será una empresa referente de la región caribe, reconocida en el sector eléctrico colombiano por generar valor con responsabilidad social empresarial, mediante la leal y efectiva gestión de su recurso humano, la diversificación de sus servicios y la gestión de proyectos sostenibles.

2.2. Estructura organizacional.



Figura 3. Estructura organizacional de URRÁ S.A E.S.P.
Fuente: URRÁ S.A. E.S.P., 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

2.3. Descripción del área de trabajo.

El grupo de mantenimiento mecánico es el encargado de realizar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo a las unidades de generación y equipos complementarios ubicado en zonas como, casa de máquinas, compuertas, estructura de toma, rebosadero, edificio de control, en la Central Hidroeléctrica URRÁ I, siguiendo un cronograma de actividades proporcionado por el área de planeación, donde se especifican si los mantenimientos a realizar son mensuales, semestrales u anuales.

El grupo cuenta con un taller donde se realizan labores de soldadura, un taller de mecánica de banco y un taller automotriz, además se tiene un camión y puentes grúa para la operación y maniobra de cargas.

Casa de Máquinas: De tipo superficial. Alberga cuatro conjuntos turbina-generator tipo Francis de 85 MW por unidad. Tiene una altura de 44 metros y 130 metros de largo, incluye una zona de montaje. La conducción de agua desde el embalse hasta las turbinas se realiza por cuatro túneles de carga con blindaje de acero, cada uno de los cuales tiene 6,5 metros de diámetro y 215 metros de longitud.

Estructura de Toma: Compuesta por cuatro bocatomas, con un caudal de diseño por cada una de ellas de 175 m³/s, cuatro compuertas de servicio y una compuerta de guarda

Edificio de control: se desarrollan las funciones administrativas y cuenta con una sala especializada donde se coordinan y ejecutan las maniobras de control de la Central Hidroeléctrica de URRÁ I.

Rebosadero: Localizado sobre la margen derecha del Río Sinú. Su capacidad máxima de descarga es de 9.500 m³/s, longitud de 196.4 metros con vertedero de ancho variable entre 120 metros en la cresta hasta 80 metros en la entrada al río. La Cota de rebose es de 130.5 msnm. (URRÁ S.A. E.S.P., 2021.)



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

3. MARCO TEÓRICO O CONCEPTUAL

En los sistemas de tuberías el resultado del rozamiento entre el agua y la tubería por la que circula representa una caída de presión irreversible. Conocer el valor de esta caída de presión es necesario para calcular la potencia de la bomba, además se requiere que el diámetro elegido para el transporte sea idóneo, si este valor es muy pequeño, la caída de presión que se produce será muy alta debido al aumento de velocidad.

La velocidad recomendada en la línea de succión es de 0.6 a 1.2 m-s, y La velocidad recomendada en la línea de descarga 1,2 a 3 m-s (Mott, R. L. 2009).

Es fundamental gestionar estas velocidades que promueven la caída de presión en la tubería. Al calcular las pérdidas de presión es importante no superar estos valores, si esto sucede, el diámetro de la tubería debe aumentar con el fin de reducir la caída de presión (Parra et al. 2014).

Para calcular las pérdidas primarias se utiliza la ecuación de Darcy, que expresada en términos de altura es la siguiente:

$$H = \left(f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g} \right) \quad [1]$$

donde: H es la pérdida de carga en metros de columna de líquido (m.c.l.)

- L es la longitud de la tubería, (m).
- d es el diámetro interior de la tubería, (m).
- v es la velocidad del fluido, (m s⁻¹), calculado teniendo en cuenta los requerimientos de caudal en el estanque del edificio de control.
- g es la aceleración de la gravedad (9.81 m s⁻²).
- f es un coeficiente de fricción adimensional.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

La ecuación correcta para determinar el factor de fricción dependerá del tipo de comportamiento del fluido, ya sea laminar o turbulento. Para determinar esto, utilizamos el número de Reynolds, que podemos hallar a través de:

$$Re = \frac{d.v.\rho}{\mu} \quad [2]$$

Donde μ corresponde a la viscosidad dinámica del fluido, en este caso del agua, a una temperatura de 20° C, $\mu = 1.02 \times 10^{-3}$ y $\rho = 998 \text{ kg m}^{-3}$.

Si el flujo es laminar ($Re \leq 2000$): se utiliza

$$f = \frac{16}{Re} \quad [3]$$

Si $Re > 4000$ se considera un flujo turbulento y se utiliza la ecuación de P. K. Swamee y A. K. Jain para hallar el factor de fricción queda de la forma:

$$f = \frac{0,25}{\left[-\log\left(\frac{e}{3,7} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}\right)\right]^2} \quad [4]$$

donde,

$$e = \frac{\varepsilon}{D} \quad [5]$$

- ε es la rugosidad absoluta, tabla 1, (Moot, R. L. 2009).
- D diametro de la tubería, (mm)



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Tabla 1. Valores de rugosidad absoluta.

Material	Rugosidad (ϵ) [mm]
PVC	0,003
Acero inoxidable	0.002
Acero al carbono	0.045

La longitud que se muestra en la ecuación de Darcy se refiere a la tubería, los accesorios incluidos en la misma (unión universal, codos, reducciones, etc.) también interrumpen el suave flujo del fluido y provocan pérdidas adicionales, que deben ser tenidas en cuenta en la ecuación anterior. La pérdida de carga que provoca el accesorio equivale a la pérdida de carga causada por un tramo de la tubería cuya longitud se puede explicar simplemente con añadir una longitud equivalente. Las pérdidas menores se expresan en términos del coeficiente de pérdida K_L Yunus et al. (2006). Dicho coeficiente se encuentra tabuladas para distintos tipos de accesorio en función de su diámetro. Se calcula las pérdidas secundarias a partir de la ecuación 6.

$$h_l = K_L \frac{v^2}{2g} \quad [6]$$

Donde.

- K_L coeficiente de pérdida tabulado en tablas.
- V es la velocidad del fluido, ($m \ s^{-1}$), calculado teniendo en cuenta los requerimientos de caudal del sistema.
- g es la aceleración de la gravedad ($9.81 \ m \ s^{-2}$).



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

Así la Pérdida de carga total (general) será la sumatoria de las perdidas primarias y secundarias (Yunus et al. 2006).

$$h_{L,total} = \sum K_L \frac{v^2}{2g} + \sum \frac{4.f.L}{d} \times \frac{v^2}{2g} \quad [7]$$

las pérdidas de presión calculada estarán expresadas en términos de la altura de la columna de fluido equivalente, llamada pérdida de carga h_{Ltotal} ,

La cabeza de la bomba viene dada por la ecuación de Bernoulli.

$$h_B = z_2 - z_1 + h_{Ltotal}. \quad [8]$$

Donde.

- $z_2 - z_1$ Corresponde a la diferencia de alturas entre el edificio de control (cota 129msnm) y el tanque ubicado en Casa de máquinas cota (81msnm).

$$P_B(\text{hp}) = \frac{Q\rho gh_b}{746e} \quad [9]$$

Donde,

- P_B potencia de la bomba (hp)
- Q caudal ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)
- g gravedad $9,8 \text{ (m s}^{-2}\text{)}$
- ρ densidad del agua en kg m^{-3}
- h_b cabeza neta de la bomba (m).
- e eficiencia de la bomba (75%).



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años

4. DIAGNÓSTICO ESPECÍFICO DE LA EMPRESA

La corrosión del acero en conductos de transporte de aguas pertenece a un mecanismo electroquímico, teniendo como principal agente corrosivo al oxígeno disuelto en el agua. La rapidez del proceso de corrosión en el acero para estas condiciones determinadas está directamente relacionada con la difusión de las moléculas de oxígeno en la superficie del metal (Marrero et al. 2014).

Las bacterias filamentosas denominadas Ferro bacterias constituyen el principal grupo asociado a la corrosión microbiológica. La entrada de las bacterias corrosivas se presenta desde el embalse, ya que estos microorganismos se encuentran de forma natural en el agua del río Sinú en concentraciones que le confieren una biocorrosividad media o moderada. Las bacterias asociadas al agua son el principal agente responsable del proceso de corrosión interna en el sistema y el principal mecanismo de ataque bacteriano es la formación de tubérculos, esta acumulación bacteriana no es constante en el tiempo y el espacio.

Las bacterias asociadas al agua en el embalse de la Central Hidroeléctrica URRÁ I son el principal agente responsable del proceso de corrosión interna el sistema de agua de servicio afectando la parte interna y externa de los conductos (CIC 2007).

La corporación para la investigación de la corrosión (C.I.C) realizó en 2007 un estudio del proceso de corrosión, donde se hizo la caracterización fisicoquímica del agua, con la toma de 5 muestras determinaron en campo el valor de temperatura, pH, conductividad y las concentraciones de gases disueltos (CO₂, H₂S, O₂). En laboratorio se cuantificó la alcalinidad total; las concentraciones de calcio, magnesio, hierro, manganeso, cloruros y sulfatos; serie de sólidos (totales suspendidos, disueltos y disueltos volátiles); y las demandas bioquímica y química de oxígeno.

Establecieron el potencial biocorrosivo a partir de los resultados obtenidos utilizando el método de espectroscopia de rayos X de energía dispersa para realizar el análisis elemental.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Después de analizar el agente corrosivo responsable de las fallas por roturas, propusieron planes de control en las líneas del sistema de enfriamiento y de servicio.

El principal mecanismo de ataque bacteriano es la formación de tubérculos o nódulos, estos cúmulos bacterianos producen celdas de aireación diferencial que deterioran la estructura, por la aparición de corrosión localizada bajo depósitos (picaduras), y pueden generar fenómenos de taponamiento por la aparición de incrustaciones orgánicas y minerales adicionalmente, estos cúmulos pueden ser arrastrados por el agua circulante aumentando la corrosividad de esta y poniendo en riesgo las tuberías.

El agua que es distribuida al edificio de control donde se realizan el monitoreo de la central, es utilizada en baños y actividades de limpieza. Debido a la incidencia y frecuencia de rotura en esta tubería, se ha tenido que improvisar la instalación de recipientes poco estéticos, como se muestra en la figura 4, además durante el día se debe vaciar el recipiente. Para solucionar la problemática es necesario, realizar el cambio en cuanto al material utilizado en las tuberías de 3 pulgadas por material que tengan mejores prestaciones mecánicas ambientales a las que se encuentran sometidas (Corrosión), este material será acero inoxidable siguiendo la recomendación del estudio realizado por el (C.I.C).



Figura 4. Corrosión en tubería de distribución de agua de servicio
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

5. ACTIVIDADES DESARROLLADAS

Durante el periodo comprendido entre el 17 de agosto y el 30 de diciembre de 2021 se realizaron las prácticas empresariales, con apoyo en actividades inherentes a equipos eléctricos y mecánicos en la Central Hidroeléctrica URRÁ I.

Para empezar, se llevó a cabo la inducción, el practicante fue dirigido a la oficina de talento humano, donde se autorizó la entrega de dotación y presentación al grupo mecánico, se dieron a conocer aspectos organizacionales de la empresa, además el área de seguridad industrial realizó las respectivas capacitaciones, sobre el uso de los elementos de protección personal, manejo de residuos y seguridad en el trabajo.

Una vez realizada la inducción, se indicaron las funciones a realizar dentro del grupo de mantenimiento mecánico, las cuales fueron.

- ✓ Acompañamiento en los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo a las unidades de generación y equipos auxiliares de la Central Hidroeléctrica URRÁ I.
- ✓ Diligenciamiento de ordenes de trabajo y consignaciones correspondiente a los trabajos de mantenimiento, cumpliendo el cronograma proporcionado por el área de planeación.

Los mantenimientos preventivos mecánicos programados por el grupo de planeación, son en su mayoría de frecuencia mensual y semestral, se realizan en: estructura de toma, casa de máquinas, edificio de control, rebosadero, sistema de desviación o descarga de fondo.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



5.1. Mantenimientos mecánico preventivo mensual.

5.1.1. Mantenimientos mecánico preventivo mensual, sistema de ventilación.

La ventilación de la edificación Casa de máquinas, está conformada por ventiladores de inyección y de extracción, estos constan de un motor acoplado a un ventilador centrífugo a través de una transmisión por bandas planas y poleas, figura 5.



Figura 5. Sistema de ventilación, casa de máquinas.
Fuente: elaboración propia, 2021.

Al sistema se le realiza un mantenimiento de frecuencia mensual, que implica un Control visual de equipos, verificación de la tensión de las correas del motor del ventilador y la alineación entre poleas para evitar el desgaste, además se procede a retirar los filtros y las rejillas de entrada y salida de aire para realizar una limpieza general, se inspecciona el estado de los sensores de presión y se realiza la lubricación de los rodamientos.



Figura 6. Limpieza de rejillas de ventilación y nivelación de poleas.
Fuente: elaboración propia, 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

5.1.2. Mantenimientos mecánico preventivo mensual, sistema contra incendios.

Como medida preventiva ante un posible incendio en el edificio de control, se tiene instalado un sistema contra incendios, que es abastecido por agua proveniente del sello de la turbina, esta es impulsada por una bomba ubicada en casa de máquinas hasta un estanque que funciona como reservorio de agua conocido como laguna contra incendio, donde es distribuida por el edificio y sus alrededores, utilizando hidrantes.

Las instrucciones del plan de mantenimiento para este sistema son realizar limpieza general, hacer control visual de las bombas encargadas de llenar la laguna contra incendio, verificando que se encuentren en buen estado los accesorios, la pintura y que no existan fugas por las conexiones de succión y descarga, se lleva a cabo la conmutación de los filtros de la bomba, lavado de los filtros de reserva y de la tubería, permitiendo que expulse impurezas, como el lodo que evitan el flujo normal del agua.



Figura 7. Bomba de llenado de laguna contraincendios.

Fuente: elaboración propia, 2021.

Además, se verifica el buen funcionamiento de los instrumentos de control, como válvulas y manómetros, se toma la lectura de horas de trabajo de la bomba y lectura de presión de succión y descarga durante la prueba, verificando que se mantienen en el rango de -100 y 600kpa respectivamente.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

5.1.3. Mantenimientos mecánico preventivo mensual, compresor de baja presión.

El sistema de baja presión se trata de dos compresores que se encarga de distribuir el aire comprimido para utilizarlo en destornilladores automáticos, sistemas de control y limpieza con aire a presión en la edificación casa de máquinas.

Para asegurar el correcto funcionamiento de este sistema, se inspecciona que no existan fugas de aceite y agua en las tuberías, se verifica el nivel de aceite en el Carter (ISO 68), en el bloque lubricante ISO (220) y se hace una limpieza general.

Se toman las lecturas de las horas de trabajo de cada uno de los compresores y verificar el buen funcionamiento de las válvulas solenoides.



Figura 8. Mantenimientos compresores de baja presión.
Fuente: elaboración propia, 2021.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

5.1.4. Mantenimiento mecánico mensual, compuerta descarga de fondo.

Está localizado sobre la margen derecha del río Sinú. Durante la etapa constructiva el sistema de desviación constaba de un canal de aproximación y dos túneles paralelos de 7 metros de diámetro y longitud total de 1183 metros, con una capacidad máxima de descarga por ambos túneles de 1180 m³/s. Para la etapa de operación se habilitó uno de los túneles de desviación como descarga de fondo y el otro túnel se selló definitivamente con un tapón de concreto. (URRÁ S.A. E.S.P 2021).

Este sistema consiste en dos compuertas que se construyeron cuando se realizó el desvío del río. En su mantenimiento se limpian los equipos, se revisa el estado de los filtros de aceite del sistema hidráulico, verificando el nivel de aceite en los tanques y verificando la cantidad de grasa en sistema de lubricación de compuerta, también se revisa el estado de la pintura y de los pernos.



Figura 9. Mantenimiento compuerta descarga de fondo.
Fuente: elaboración propia, 2021.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

5.2. Mantenimiento mecánico preventivo semestral.

El mantenimiento preventivo semestral, consiste en la parada de uno de los grupos turbina-generador, para que intervengan las diferentes áreas encargadas en la revisión y verificación del buen funcionamiento de sus principales componentes.

En esta parada el grupo mecánico, se encarga de ejecutar trabajos de mantenimiento en algunos de los componentes de la unidad generadora que se describen a continuación.

5.2.1. Mantenimiento preventivo semestral cojinete de empuje del generador.

Se procede a la limpieza de la cuba o carcasa del cojinete, se revisa el sello superior que se encarga de evitar la penetración de agua entre la tapa del cabezal estacionario y el eje de la turbina, las paredes divisorias, corregir fallas, revisar las tapas ventanillas del cojinete, eliminar las fugas de aceite, engrasar el cuero del sello de la turbina.



Figura 10. Cojinete de empuje del generador.
Fuente: elaboración propia, 2021.

5.2.2. Mantenimiento mecánico semestral, distribuidor de la turbina.

Para rotar las compuertas incorporadas, se utilizan cuatro servomotores de eje rectos ubicados en el pozo de la turbina. los servomotores están atornillados a las placas de base, las fuerzas de los servomotores se transfieren al hormigón. El diámetro del pistón de los servomotores es de 300 mm con carrera del pistón- 550 Mm y presión nominal 4Mpa.

Se revisa el distribuidor mediante inspección visual, se verifican las tuberías del sistema hidráulico verificando que no existan fugas de aceite, si las hay, se corrigen las fallas y se revisan los servomotores del distribuidor.



Figura 11. Sistema Hidráulico, distribuidor de la turbina.
Fuente: elaboración propia, 2021.

5.2.3. Mantenimiento mecánico semestral cojinete guía y cruceta del generador.

Se inicia la inspección del cojinete en la parte externa y se corrigen las fugas de aceite que presenten, se limpia el cuerpo del cojinete y la superficie de la cruceta del generador en su parte exterior.



Figura 12. Sistema Hidráulico, distribuidor de la turbina.
Fuente: elaboración propia, 2021.

5.2.4. Mantenimiento mecánico semestral del sistema de frenado del generador.

El sistema de frenado permite detener la masa rotante del grupo turbina-generador y así llevar a cabo la parada de la unidad para su posterior operación, está compuesto por 12 gatos,

En cada gato del sistema de frenado hay dos sensores inductivos de posición (SV10 y SV11,) para hacer el monitoreo de la condición (activado/desactivado) del sistema de frenado. Todos los sensores inductivos de posición son del fabricante BALLUFF y su modelo es BES-516-325-G-E5-Y-S4.

Por ello dentro de los trabajos de mantenimiento se verificar el apriete de los pernos de las zapatas de frenos, la ausencia de fugas de aire dentro del tablero de frenado y el funcionamiento de los frenos



Figura 13. Apriete, pernos del sistema de frenado.
Fuente: elaboración propia, 2021.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

5.2.5. Mantenimiento mecánico preventivo semestral del sistema SAP y regulador de velocidad.

Con el sistema de regulación de velocidad, se gradúa la entrada de agua al rodete, dependiendo de la potencia que se requiera en un determinado momento.

Durante las actividades semestrales se hace la revisión y limpieza general del tablero actuador del regulador de velocidad, bombas SAP, el tanque sumidero y acumulador SAP, se corrigen fugas de aceite en los equipos y tuberías, se verifica el nivel de aceite en el tanque sumidero del SAP y acumulador, se revisa el estado de los filtros dobles del regulador de velocidad y el funcionamiento del regulador con la unidad en vacío.



Figura 14. Mantenimiento sistema SAP, regulador de velocidad.

Fuente: elaboración propia, 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

6. PROPUESTA DE MEJORAMIENTO

6.1. Determinación de los parámetros y criterios del diseño de distribución de agua.

A continuación, se establecen los parámetros necesarios en el desarrollo de los cálculos de pérdidas primarias, secundarias, potencia de la bomba del sistema instalado, y el diseño del nuevo sistema de distribución. Se aplicará el código ASME B31.3 para tuberías a presión en el cálculo de espesores.

- ✓ El sistema hidráulico consta de dos motobombas que trabajan en paralelo, equipadas con motor trifásico de la marca siemens y rotor de jaula de ardilla, tienen una potencia de 7,5 hp.
- ✓ El diseño seguirá el mismo trazado, puesto que, al estudiar alternativas para una nueva trayectoria, se presentaban obstáculos, debido a la cantidad de equipos eléctricos y mecánicos instalados en la edificación (Casa de máquinas).
- ✓ La presión de diseño en la tubería será la presión manométrica, correspondiente a 110 PSI y una temperatura de 25 °C, datos tomados de los instrumentos instalados en el sistema.
- ✓ El caudal de diseño es 0.006m³-s, se determinó utilizando la curva de la bomba (anexo 1), para una presión de 110 PSI.
- ✓ En los cálculos de las tuberías instaladas se proporcionó 10% a los coeficientes de rugosidad, debido al tiempo en servicio.
- ✓ Las bombas se encuentran ubicadas en el nivel 81.00 msnm y el tanque en el edificio de control en la cota 129 msnm, lo que proporciona una altura estática de 48 metros,
- ✓ La velocidad recomendada en la línea de succión es de 0.6 a 1.2 m-s
- ✓ La velocidad recomendada en la línea de descarga 1,2 a 3 m-s (Mott, R. L. 2009).



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

6.1.2. Medición de la tubería de acero al carbono, tramo casa de máquinas.

Para realizar los cálculos de las pérdidas primarias es necesario conocer la longitud de la tubería, debido a que no se encuentran planos de este tramo en el archivo de URRÁ ni en su intranet, se realizaron estas mediciones utilizando un flexómetro para los tramos de tubo entre accesorios, y un calibrador para las uniones universales, como se muestra en la figura 15. En esta actividad se clasificaron todos los accesorios necesaria para calcular las pérdidas secundarias, además se tuvo en cuenta la altura estática, es decir la ubicación del trazado respecto al nivel del piso. Esta toma de datos fue realizada con la ayuda de un integrante del grupo de mantenimiento mecánico de la Central Hidroeléctrica URRÁ I, utilizando los elementos de protección personal exigidos por el área de seguridad industrial.



Figura 15. Medición de tubería del tramo casa de máquinas.

Fuente: elaboración propia, 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

6.2. Plantilla programada para los cálculos de pérdidas primarias, secundarias y potencia de una bomba, tuberías en serie, en sistemas de distribución de agua.

Los problemas de diseño en sistema de tubería que implican calcular las pérdidas primarias y secundarias para determinar la potencia de una bomba, conociendo el diámetro de la tubería, se resuelven de forma directa, es decir, las variables necesarias para realizar el análisis están definidas, lo que permite obtener una solución sin el requerimiento de realizar iteraciones. Sin embargo, esto es un procedimiento laborioso debido a la gran cantidad de cálculos, cuando se desea evaluar varias configuraciones, ya sea tuberías que cambian de diámetro, o de material en un diseño determinado, haciendo que la solución se obtenga en un tiempo mayor. (Mott, R. L. 2009).

Para el cálculo con diferentes configuraciones, se realizó una plantilla general en Excel, que resulta de gran importancia para realizar los cálculos de forma rápida, exacta y sencilla después de introducir los datos básicos.

6.2.1. Características de la hoja de cálculo.

La plantilla está programada para realizar los cálculos desde una interfaz gráfica, solo se deben ingresar los datos básicos, puesto que cuenta con una base de datos, donde se encuentran diferentes dimensiones estandarizadas de tuberías según ASME, valores de rugosidad para distintos materiales, valores de factor de fricción según el diámetro de diferentes accesorios, incluyendo ampliaciones y reducciones para el cálculo de las pérdidas secundarias. Todos estos datos serán seleccionados desde la interfaz gráfica a través de una barra desplegable sin necesidad de dirigirse a la hoja de base de datos.

- ✓ Está diseñada para calcular automáticamente las pérdidas primarias, secundarias en cualquier sistema de distribución, con la configuración de tubería de succión y descarga.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



- ✓ Los datos básicos que se deben ingresar por parte del usuario y la lista de selección están identificados por áreas sombreadas de colores.
- ✓ Primero se debe seleccionar el diámetro y la cédula de la tubería, en caso de requerir otro espesor de pared de la tubería, seleccione "otro espesor" en la celda de la cédula y posteriormente se ingresa el espesor de la tubería en pulgadas. Luego se selecciona el material de la tubería desplegando la lista de selección, se ingresa la longitud de la tubería y el caudal Q en unidades de m^3/s . Se debe especificar la elevación, es decir la altura estática que hay en los dos puntos de referencia.
- ✓ Para especificar las pérdidas por accesorios se elige el tipo de accesorio e ingresa la cantidad de cada accesorio que requiera, también podrá ingresar pérdidas de presión adicionales. Para adicionar líneas de tubería, en caso de cambios de diámetro o de material solo se debe copiar las columnas C: I e insertar las celdas copiadas.
- ✓ Enseguida, se introducen los datos de las características del fluido, en caso de ser agua, se dejan por defecto, en otro caso, se ingresa la viscosidad dinámica μ que depende de la temperatura, la densidad y el peso específico, estos valores se requieren para calcular el número de Reynolds y la potencia de la bomba.
- ✓ Los resultados se muestran en la parte inferior de la hoja. La pérdida total de energía es la suma de las pérdidas primarias y secundarias en ambas tuberías (succión y descarga).
- ✓ Para la potencia de la bomba se debe ingresar la eficiencia en porcentaje.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

Parámetros para el cálculo de pérdidas primarias y secundarias (Tubería de succión)				
Parámetros de Diseño		Características del fluido		
Diametro nominal	2 1/2"	Sch 10S	Viscosidad dinámica(kg-m.s)	0.000891
Diametro Interno de la tubería (m)	0.0669		Densidad (kg-m3)	997
Material de la tubería	Acero inoxidable		Rugosidad absoluta(m)	0.0000022
Longitud de la tubería (m)	190		Rugosidad relativa	30422.27273
Aceleración de la gravedad (m-s2)	9.81		Caudal (m3-s)	0.01
Resultados del cálculo de pérdidas primarias				
Velocidad (m-s)		1.705425281		
Reynolds		127721.6402		
Regimen del fluido.		TURBULENTO		
Coeficiente de fricción		0.009797553		
Pérdidas Primarias (m)		4.123094438		
Cálculo de pérdidas secundarias				
Accesorio:		Accesorio:		
Codo 180°		Seleccione el accesorio		
Cantidad:		Cantidad:		
0		2		
Accesorio:		Accesorio:		
Seleccione el accesorio		Seleccione el accesorio		
Cantidad:		Cantidad:		
0		0		
Accesorio:		Accesorio:		
Seleccione el accesorio		Codo 90° Largo		
Cantidad:		Cantidad:		
0		1		
Elevación 1(Depósito inferior) (m)		Accesorios adicionales		
0		Unión Universal		
Elevación 2 (Depósito superior)(m)		cantidad		
0		1		
Pérdidas en accesorios(m)(Succión)		Pérdida total (m) (succión)		
0.054848924		4.177943362		

Figura 16. Plantilla de cálculo de perdidas primarias y secundarias, succión.

Fuente: elaboración propia, 2021.



Certificado GP 134-1

Certificado SC 5278-1

Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019. Vigencia: 4 años

"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

Parámetros para el cálculo de perdidas primarias y secundarias .(Tubería de descarga)			
Parámetros de Diseño		Características del fluido	
Diametro nominal	2"	Sch 10S	Viscosidad dinámica(kg-m.s)
Diametro Interno de la tubería (m)		0.0548	Densidad (kg-m3)
Material de la tubería		PVC	Rugosidad absoluta(m)
Longitud de la tubería (m)		205	Rugosidad relativa
Aceleración de la gravedad (m-s2)		9.81	Caudal (m3/s)
			0.01
Resultados del cálculo de pérdidas primarias			
Velocidad (m-s)		2.545034334	
Reynolds		156025.2767	
Régimen del fluido.		TURBULENTO	
Coeficiente de fricción		0.011990228	
Pérdidas Primarias (m)		14.81104647	
Cálculo de pérdidas secundarias			
Accesorio:		Accesorio:	
Seleccione el accesorio		Seleccione el accesorio	
Cantidad:		Cantidad:	
0		0	
Accesorio:		Accesorio:	
Codo 45°		Seleccione el accesorio	
Cantidad:		Cantidad:	
0		0	
Accesorio:		Accesorio:	
Seleccione el accesorio		Seleccione el accesorio	
Cantidad:		Cantidad:	
0		0	
Pérdidas en accesorios(m) (descarga)		Accesorios adicionales	
0		Seleccione el accesorio	
		cantidad	
		0	
		Pérdida de carga total (m)	
		18.99	
		Carga total de la bomba (m)	
		18.99	
		Potencia al fluido(HP)	
		1.49	
		Eficiencia de la bomba	
		0.8	
		Potencia (HP)	
		1.87	

Figura 16. Plantilla de cálculo de perdidas primarias y secundarias, descarga.
(Continuación).

Fuente: elaboración propia, 2021.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

6.3. Cálculo de las pérdidas primarias, secundarias y potencia de la bomba con la tubería actual de acero al carbono de diámetro 3 pulgadas y la tubería propuesta de acero inoxidable, utilizando diámetros de 2, 2 ½ y 3 pulgadas.

6.3.1. Determinación de las pérdidas primarias, secundarias y verificación de la potencia de la bomba para el sistema instalado.

Se inicia con la verificación de la potencia de las bombas del sistema instalado actualmente, teniendo en cuenta las pérdidas primarias, secundarias y la altura estática de la tubería en serie que cuenta con los tramos de, Θ 2 ½ in y Θ 1 1/2 in de diámetro en la tubería de succión, con una longitud de 2,6 y 0,5 m respectivamente, se tienen Θ 1 1/2 y Θ 3 in de diámetro, para la tubería de descarga en acero al carbono desde el cuarto de bombas en casa de máquinas hasta la caja de válvulas, con longitud de 0,5 y 202 m respectivamente y la tubería de Θ 2 in en PVC desde la caja de válvulas hasta el tanque de 10 m³ ubicado en la elevación 229 msnm en el edificio de control, con una longitud de 205 m.

Estos cálculos se realizan con la plantilla programada, especificando que, para la tubería de succión, se presenta una reducción de diámetro y en la tubería de descarga existe una ampliación, esto provoca cambios en la velocidad del fluido, y, por lo tanto, variación en las pérdidas.

La tubería de succión contiene los accesorios que muestran en la tabla 2,

Tabla 2. Accesorios en tubería de succión.

Accesorio	Diámetro [in]	Cantidad
Codos 90°	Θ 2	2
Válvula de bola	Θ 1,5	1
Te	Θ 2	2
Reducción	de Θ 2 a Θ 1,5	2
unión universal	Θ 1,5	1
Entrada de tubería	cuadrada	1



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Tabla 3. Resumen de cálculo de perdidas en tubería de succión.

Pérdidas en tubería de succión		
	<i>Tramo Ø2 in (Acero al Carbono)</i>	<i>Tramo Ø1 1/2in (Acero al Carbono)</i>
<i>Longitud (m)</i>	2.6	0.5
<i>Rugosidad Absoluta (m)</i>	5.03E-05	5.03E-05
<i>Rugosidad relativa</i>	1.08E+03	8.59E+02
<i>Velocidad (m-s)</i>	2.57	4.10
<i>Reynolds</i>	156777.2552	198520.1949
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.02	0.02
<i>Perdidas primarias (m)</i>	1.24	0.20
<i>Perdidas secundarias (m)</i>	1.48	2.40
<i>Pérdidas totales (m)</i>	2.72	2.60
<i>Perdidas en tramo completo (m)</i>	5.31	

Tabla 4. Resumen de cálculo de perdidas en tubería de descarga.

Pérdidas en tubería de descarga			
	<i>Tramo Ø2 in (Acero Carbono)</i>	<i>Tramo Ø3 in (Acero Carbono)</i>	<i>Tramo Ø2in (PVC)</i>
<i>Longitud (m)</i>	0.5	190	205
<i>Rugosidad Absoluta(m)</i>	5.03E-05	5.03E-05	5.50E-06
<i>Rugosidad relativa</i>	1.08E+03	1.64E+03	9.91E+03
<i>Velocidad (m-s)</i>	2.57	1.12	2.57
<i>Reynolds</i>	156777.25518	103552.77598	156777.25518
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.02	0.02	0.01
<i>Perdidas primarias (m)</i>	0.06	2.57	15.19
<i>Perdidas secundarias (m)</i>	0.91	0.94	0.38
<i>Pérdidas totales(m)</i>	0.97	3.52	15.56
<i>Perdidas en tramo completo (m)</i>	20.05		



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Tabla 5. Cálculo de potencia de la bomba.

Bombas	<i>Perdida de carga total (m)</i>	23.88
	<i>Carga total de la bomba (m)</i>	71.88
	<i>Potencia al fluido (hp)</i>	5.65
	<i>Eficiencia de la bomba %</i>	0.8
	<i>Potencia (hp)</i>	7.07

En la tubería de succión se evidencian altas pérdidas respecto a la longitud del tramo, se presenta un comportamiento donde las pérdidas secundarias alcanzan una mayor magnitud que las primarias, esto debido a la cantidad de accesorios que se tienen en un tramo corto, además para el caudal del sistema, los diámetros internos de las dos tuberías producen altas velocidades en el fluido respecto a las velocidades recomendadas en los parámetros de diseño, esto influye en el aumento de las pérdidas por fricción.

En la tubería de descarga se presenta la condición de altas pérdidas respecto a la longitud del tramo en la tubería de $\Theta 2$ in (Acero al carbono) y el mayor tramo de pérdidas corresponde a la tubería de PVC, lo que se explica por el aumento de la velocidad a causa de la reducción del diámetro de $\Theta 3$ a $\Theta 2$ in, como se había indicado anteriormente, esta se encuentra embebida por lo cual, no será modificada.

El procedimiento realizado permitió verificar que la bomba de 7,5 hp que se encuentra en servicio cumple los requerimientos de potencia del sistema de distribución instalado actualmente (7 hp). Además, los cálculos realizados anteriormente dan información útil, que permite evaluar el sistema e implementar decisiones con miras a mejorar y reducir de manera considerable la potencia requerida del sistema, modificando las líneas de succión y descarga con el nuevo diseño, manteniendo los valores dentro de los parámetros de diseño.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



6.3.2. Cálculo del espesor mínimo requerido para operación segura, según norma ASME B.31.1.

Para realizar los cálculos de las pérdidas primarias y secundarias en la tubería de acero inoxidable, se requiere el diámetro interno de los diámetros nominales propuestos de 2, 2,5 y 3 pulgadas, por lo que es importante encontrar el espesor requerido. Este se diseña utilizando la norma **ASME B.31.1** para la presión interna de la tubería mediante la ecuación 10.

$$t_m = t + c \quad [10]$$

Para valores de $t < D/6$. El valor del espesor escogido del catálogo del fabricante no podrá ser menor a t_m .

Donde,

t_m = espesor mínimo requerido, incluyendo tolerancias mecánicas, por corrosión y por erosión

c = Espesor adicional

t = espesor de diseño para presión interna manométrica y se calcula mediante.

$$t = \frac{PD}{2(SEW+PY)} \quad [11]$$

Donde.

P= presión interna manométrica en la tubería.

D= diámetro exterior a partir del diámetro nominal de la tubería, (anexo 2).

E = factor de calidad (anexo 3).

S= valor de esfuerzo del material obtenido del anexo 4.

W = factor de reducción de la resistencia de la junta de soldadura (anexo 5).

Y = coeficiente de (anexo 6). para valores de $t < D/6$ y para los materiales indicados.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Se procede a calcular el espesor de diseño para las tres configuraciones de diámetros, Los valores utilizados para calcular el espesor mínimo requerido de cada diámetro de tubería se especifican en la Tabla 6.

Tabla 6. Cálculo de espesor de tubería.

Parámetro	Valor	Justificación	
P	132Psi	La presión manométrica de diseño corresponde a la suministrada por las bombas, Este valor fue tomado del manómetro instalado en el sistema agregando un factor de seguridad del 20% como lo indica la norma ASME B31.3	
D	60,3 76,1 88,9	Éste varía según el tamaño nominal de la tubería de la configuración a evaluar: 2, 2 $\frac{1}{2}$ y 3 pulgadas.	
S	20ksi	Tabla A-1 Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales De acuerdo con la norma ASME B31.1 (Tabla A-1. Acero inoxidable), para tuberías sin costura, a temperaturas de trabajo de 38°C.	
E	1	Tabla A-1B factores de calidad básicos para tubo sin costura acero inoxidable	
Y	0,4	Establecido para una temperatura de operación menor a 482°C, de acuerdo con la norma ASME B31.1 (Tabla 104.1.2(A)).	
W	1	Tabla 302.3.5 ASME B31. Factor de reducción de solidez de soldadura, W.	
C	0	No se considera ninguna adición de espesor, porque se calcula el espesor mínimo por diseño bajo presión interna.	
		2" 2.5" 3"	
t_m	0,18mm	0,22mm	0,27mm



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2856 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

Con estos valores, del anexo 2., espesores de tubería Acero Inoxidable según ASME B36.19M, se selecciona la tubería con SCH 10S, aunque la SCH 5S sea la inmediata, en el mercado se comercializa la SCH 10S. Así el diámetro interno para las configuraciones de diámetro nominal será.

Tabla 7. Espesores de tubería Acero Inoxidable según ASME B36.19M.

Tamaño Nominal NPS DN in mm	Diámetro exterior tubería in (mm)	SCH 10S in (mm)
2 50	2.375 (60.3)	0.109 (2,77)
2½ 65	2.875 (73)	0.12 (3.05)
3 80	3.5 (88.9)	0.12 (3.05)



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CORDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

6.3.3. Diseño del sistema de distribución de agua.

Partiendo de los resultados del cálculo del sistema instalado, es posible analizar y proponer posibles mejoras con el nuevo diseño, se varía el material por acero inoxidable, y se utiliza la Schedule 10S para los diámetros nominales.

En el tramo de succión se encontraron valores críticos de perdidas tanto primarias como secundarias, algunos de los cambios que se proponen serán disminuir el primer tramo de 2,6 a 1,5m, esto se lograría moviendo el tanque de almacenamiento de 5000 litros hacia las bombas. Se buscará reducir la velocidad, aumentando el diámetro en el primer tramo de $\Theta 2 \frac{1}{2}$ a $\Theta 3$ in, el segundo tramo no es posible modificar su diámetro porque no puede diferir del tamaño de la conexión de succión de la bomba ($\Theta 1 \frac{1}{2}$), además reemplazar la válvula de globo por una válvula de compuerta, con el objetivo de reducir el valor del coeficiente de perdidas secundarias. Estas modificaciones permitieron reducir las pérdidas totales de 5,31m a 1,77m.

Tabla 8. Cálculos tubería de succión.

	Pérdidas en tubería de succión	
SCH 10S	<i>Tramo $\Theta 3$in in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\Theta 1 \frac{1}{2}$in (Acero inoxidable)</i>
<i>Longitud (m)</i>	1.5	0.5
<i>Rugosidad Absoluta (m)</i>	2.20E-06	2.20E-06
<i>Rugosidad relativa</i>	3.76E+04	1.94E+04
<i>Velocidad (m-s)</i>	1.11	4.19
<i>Reynolds</i>	156777.2552	198520.1949
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.01	0.01
<i>Perdidas primarias (m)</i>	0.04	0.11
<i>Perdidas secundarias (m)</i>	0.28	1.34
<i>Pérdidas totales (m)</i>	0.32	1.45
<i>Perdidas en tramo completo (m)</i>	1.77	



Certificado GP 134-1

Certificado SC 5278-1

Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

6.3.3.1. Tubería configuración de $\Theta 2$ in (Acero Inoxidable).

Ahora se calcula la tubería de descarga con las 3 configuraciones propuestas y se verificara cual cumple con los requerimientos de potencia. En todos los casos, la tubería de $\Theta 2$ in Acero Inoxidable (conexión de descarga de la bomba) y el tramo $\Theta 2$ in PVC (embebida), no serán modificados, las uniones universales, serán reemplazadas por tubos soldados y bridas, esto favorece en las perdidas por accesorios.

Tabla 9. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\Theta 2$ in.

Pérdidas en tubería de descarga			
SCH 10	<i>Tramo $\Theta 2$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\Theta 2$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\Theta 2$ in (PVC)</i>
<i>Longitud (m)</i>	0.5	190	205
<i>Rugosidad Absoluta(m)</i>	2.20E-06	2.20E-06	5.50E-06
<i>Rugosidad relativa</i>	2.49E+04	2.49E+04	9.91E+03
<i>Velocidad (m-s)</i>	2.55	2.55	2.57
<i>Reynolds</i>	156025.27674	156025.27674	156777.25518
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.01	0.01	0.01
<i>Pérdidas primarias (m)</i>	0.03	11.61	15.19
<i>Pérdidas secundarias (m)</i>	0.83	1.05	0.38
<i>Pérdidas totales(m)</i>	0.86	12.66	15.56
<i>Pérdidas en tramo completo (m)</i>	29.09		

Tabla 10. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\Theta 2$ in.

Bombas	<i>Pérdida de carga total (m)</i>	22,41
	<i>Carga total de la bomba (m)</i>	78,35
	<i>Potencia al fluido (hp)</i>	6.16
	<i>Eficiencia de la bomba %</i>	0.8
	<i>Potencia (hp)</i>	7.7



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2956 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Tabla 11. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ in.

Pérdidas en tubería de descarga			
<i>SCH 10</i>	<i>Tramo $\varnothing 2$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\varnothing 2$ in (PVC)</i>
<i>Longitud (m)</i>	0.5	190	205
<i>Rugosidad Absoluta(m)</i>	2.20E-06	2.20E-06	5.50E-06
<i>Rugosidad relativa</i>	2.49E+04	3.04E+04	9.91E+03
<i>Velocidad (m-s)</i>	2.55	1.71	2.57
<i>Reynolds</i>	156025.27674	127721.64020	156777.25518
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.01	0.01	0.01
<i>Pérdidas primarias (m)</i>	0.03	4.12	15.19
<i>Pérdidas secundarias (m)</i>	0.83	0.59	0.38
<i>Pérdidas totales(m)</i>	0.86	4.72	15.56
<i>Pérdidas en tramo completo (m)</i>	21.14		

Tabla 12. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\varnothing 2 \frac{1}{2}$ in.

Bombas	<i>Perdida de carga total (m)</i>	22.41
	<i>Carga total de la bomba (m)</i>	70.41
	<i>Potencia al fluido (hp)</i>	5.54
	<i>Eficiencia de la bomba %</i>	0.8
	<i>Potencia (hp)</i>	6.92



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

Tabla 13. Cálculos tubería de descarga, diámetro $\Theta 3$ in.

Pérdidas en tubería de descarga			
SCH 10	<i>Tramo $\Theta 2$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\Theta 3$ in (Acero inoxidable)</i>	<i>Tramo $\Theta 2$ in (PVC)</i>
<i>Longitud (m)</i>	0.5	190	205
<i>Rugosidad Absoluta(m)</i>	2.20E-06	2.20E-06	5.50E-06
<i>Rugosidad relativa</i>	2.49E+04	3.76E+04	9.91E+03
<i>Velocidad (m-s)</i>	2.55	1.2	2.57
<i>Reynolds</i>	156025.27674	103235.12943	156777.25518
<i>Régimen del fluido</i>	TURBULENTO	TURBULENTO	TURBULENTO
<i>coeficiente de fricción</i>	0.01	0.01	0.01
<i>Pérdidas primarias (m)</i>	0.03	1.37	15.19
<i>Pérdidas secundarias (m)</i>	0.83	0.44	0.38
<i>Pérdidas totales(m)</i>	0.86	1.81	15.56
<i>Pérdidas en tramo completo (m)</i>	18.23		

Tabla 14. Cálculo, potencia de bombeo, diámetro $\Theta 3$ in.

Bombas	Pérdida de carga total (m)	22.41
	Carga total de la bomba (m)	67.50
	Potencia al fluido (hp)	5.31
	Eficiencia de la bomba %	0.8
	Potencia (hp)	6.63



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

Una vez realizados los cálculos en la plantilla, como se muestra en las tablas 8 a 14, se puede verificar que la velocidad se encuentra dentro del rango recomendado en las tres configuraciones, el Tramo $\Theta 2$ in de diámetro no cumple con la potencia requerida, en cambio los tramos $\Theta 3$ in y $\Theta 2 \frac{1}{2}$ in de diámetro cumple estas condiciones, sin embargo, este último representa menor material, lo que se traduce en menores costos por metro de tubería.

Las bridas se diseñan según la norma ANSI B16.5 con base en los parámetros de presión y temperatura de trabajo, ANSI proporciona una tabla (anexo 7) que permite clasificar la bridas. Con una temperatura de operación de 38°C y 110PSI se tienen bridas clase 150.

Con la clasificación de la brida, es importante determinar las dimensiones de la brida, estas son seleccionadas teniendo como referencia el tamaño nominal de la tubería, estas dimensiones se han estandarizado, como se muestra en la figura 17, así para la tubería, de $\Theta 2 \frac{1}{2}$ se requieren bridas clase 150, $\Theta 7$ in de diámetro y cuatro pernos de $\Theta 5/8$ in.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

Tamaño nominal del tubo (pulgadas)	Clase 150				
	Diámetro de la brida (pulgadas)	Número de pernos	Diámetro de los pernos (pulgadas)	Diámetro de agujero (pulgadas)	Círculo de perno (pulgadas)
1/4	3-3/8	4	1/2	0.62	2-1/4
1/2	3-1/2	4	1/2	0.62	2-3/8
3/4	3-7/8	4	1/2	0.62	2-3/4
1	4-1/4	4	1/2	0.62	3-1/8
1-1/4	4-5/8	4	1/2	0.62	3-1/2
1-1/2	5	4	1/2	0.62	3-7/8
2	6	4	5/8	0.75	4-3/4
2-1/2	7	4	5/8	0.75	5-1/2
3	7-1/2	4	5/8	0.75	6
3-1/2	8-1/2	8	5/8	0.75	7
4	9	8	5/8	0.75	7-1/2
5	10	8	3/4	0.88	8-1/2
6	11	8	3/4	0.88	9-1/2
8	13-1/2	8	3/4	0.88	11-3/4
10	16	12	7/8	1	14-1/4
12	19	12	7/8	1	17
14	21	12	1	1.12	18-3/4
16	23-1/2	16	1	1.12	21-1/4
18	25	16	1-1/8	1.25	22-3/4
20	27-1/2	20	1-1/8	1.25	25
24	32	20	1-1/4	1.38	29-1/2

Figura 17. Dimensiones de una brida según el tamaño de la tubería.
Fuente: ASME B16.5.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



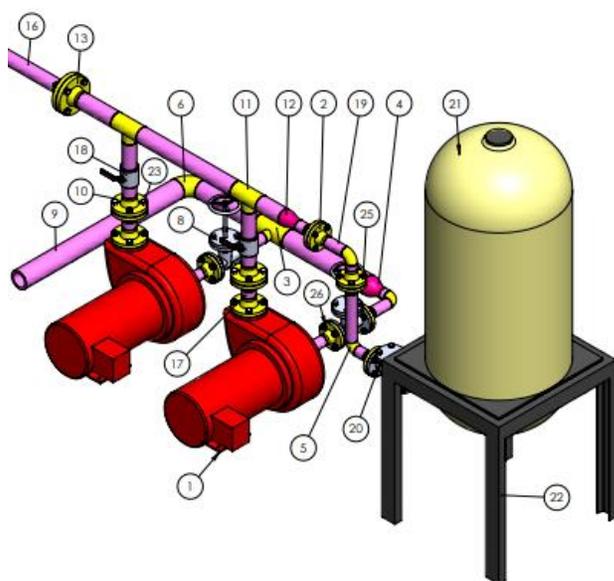
Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co

6.4. Elaboración de planos para la construcción y montaje de la tubería de agua de servicio del edificio de control tramo Casa de Máquinas bajo la norma NTC 2047 utilizando el software SolidWorks.

La elaboración de los planos se realizó con el trazado actual, con los datos obtenidos en la medición de la tubería. Se utilizó la norma NTC 2047 encargada de dibujo, primero se muestra un esquema general en la figura 18, con los elementos que hacen parte del ensamble de la tubería (tramo casa de máquinas).

Se desarrollaron planos adicionales donde se encuentra ensamblada la tubería anexo 5 a 8, estos son mostrados en detalles, que se dividieron en secciones, teniendo en cuenta los puntos donde se requieren accesorios y soldadura en campo, de esta manera dejar explícitas y claras las debidas cotas y requerimientos para la construcción, esto con el diámetro calculado ($\Theta 2 \frac{1}{2}$).



N.º de elemento	Nombre de la pieza	Descripción	Cant.
1	Bombas centrífuga	Potencia 7,5 hp	2
2	Brida	150-NPS1.5	12
3	RTee	Inch3x3x1.5Sch 10S	1
4	Reducción	2.5 x 1.5 SCH 10S	1
5	Codo	90L SR Inch 1.5 Sch 10S	4
6	Codo	90L SR Inch 3 Sch 10S	1
7	Tubería	1.5 in, Schedule 10S	0.5m
8	Válvula de compuerta	(ASME B16.34) Flanged End, Class 150, NPS 1.5, RF	2
9	Tubería	3 in, Schedule 10S	1.72m
10	Brida	150-NPS 2	6
11	RTee	Inch 2.5x2.5x2 Sch 10S	2
12	Reducción	2.5 x 1.5 SCH 10S	1
13	Brida	150-NPS 2.5	50
14	Codo	90L SR Inch 2.5 Sch 10S	24
15	Reducción	2.5 x 2 SCH 10S	1
16	Tubería	2.5 in, Schedule 10S	188.5m
17	Tubería	2 in, Schedule 10S	0.5m
18	Válvula de bola	2 in ball valve	2
19	Tubería	1.5 in, Schedule 10S	0.89m
20	Swing Check Valve	(ASME B16.34) Flanged End, Class 150, NPS 1.5, RF	1
21	Hidrofllo	WELL MATE W - WM55	1
22	Mesa	Perfil C 3x5	1
23	Perno hexagonal	0.6250-18x2.25x1.5-N	16
24	Perno hexagonal	0.6250-18x2.75x1.5-N	100
25	Perno hexagonal	0.5000-20x2x1.25-N	40
26	Arandela plana	0.5 in	64
27	Arandela plana	0.625 in	218
28	Tuerca hexagonal	0.6250-18-D-N	107
29	Tuerca hexagonal	0.5000-20-D-N	32

Figura 18. Sistema de distribución de agua, cuarto de bombas nivel 81 msnm.
Fuente: elaboración propia.



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



6.5. Presupuesto para la tubería de distribución de agua de servicio del edificio de control tramo Casa de Máquinas utilizando como material acero inoxidable.

Seleccionado el diámetro (Θ 2 1/2) en la fase del cálculo de pérdidas, con la ubicación y el trazado de la tubería, se realiza el presupuesto que inicia con la descripción preliminar; incluye actividades como el desmonte de tubería en el tramo, casa de máquinas, con diámetros de 3 pulgadas, adicional el cargue y retiro de material de la edificación y disposición final a distancia menor de 5 km, además se hace el cerramiento provisional en cinta de señalización de peligro.

Se suministran los costos de la tubería de acero inoxidable y sus accesorios a través de la cotización de la empresa IMPORINOX S.A.S especializada en la comercialización de acero inoxidable, todos estos costos se detallan en la tabla 15.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años

EMPRESA URRA S.A E.S.P					
PRESUPUESTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE SERVICIO, EDIFICIO DE CONTROL, TRAMO CASA DE MÁQUINAS.					
PRESUPUESTO DE CANTIDADES Y PRECIOS					
ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT	Valor unitario	Valor total
1.0	Sistema, distribución de agua, tramo casa de máquinas				
1.0	PRELIMINARES				
1.1	Localización, trazado y medición de tuberías	m	190.00	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
1.3	Desmante de tubería sistema actual de Ø3 in . Incluye accesorios roscados y elementos soldados.	kg	1800.00	\$ 2,700.00	\$ 4,860,000.00
1.5	Retiro de material sobrante incluye disposición final a distancia menor de 5 km	m3	50.00	\$ 34,200.00	\$ 1,710,000.00
1.6	Lavado de sistema existentes, incluye: extracción de lodos, desmante y retiro del material sobrante,	kg	30.00	\$ 2,700.00	\$ 81,000.00
1.7	Cerramiento provisional en tela verde.	m2	240.00	\$ 1,922.00	\$ 461,280.00
2.0	Tubería acero inoxidable, accesorios y válvulas para la instalación				
2.1	TUBO 316L SCH-10 Ø1 1/2 in x6m	UND	1.00	\$350,807.00	\$ 350,807.00
2.2	TUBO 316L SCH-10 Ø2in x6m	UND	1.00	\$420,000.00	\$ 420,000.00
2.3	TUBO 316L SCH-10 Ø3in x6m	UND	1.00	\$900,000.00	\$ 900,000.00
2.4	TUBO 316L SCH-10 Ø2 1/2in x6m	UND	32.00	\$650,000.00	\$20,800,000.00
2.5	CODOS RL SCH-10x Ø 1 1/2	UND	4	\$ 12,864.00	\$ 51,456.00
2.6	CODOS RL SCH-10x Ø2 1/2	UND	24.00	\$ 28,570.00	\$ 685,680.00
2.7	CODOS RL SCH-10x Ø3	UND	1.00	\$ 48,237.00	\$ 48,237.00
2.8	TEE 2 1/2 INOX 304 SCH 40 SO	UND	1.00	\$ 28,027.00	\$ 28,027.00
2.9	Brida clase150-NPS 2 1/2 SCH-10	UND	50	\$ 56,400.00	\$ 2,820,000.00
3	Brida clase 150 -NPS1 1/2 SCH-10	UND	12	\$ 70,000.00	\$ 840,000.00
3.1	Brida 150-NPS 2	UND	6	\$111,000.00	\$ 666,000.00
3.2	Reducción 2.5 x 1.5 SCH 10S	UND	2.00	\$ 52,500.00	\$ 105,000.00
3.3	Reducción 2.5 x 2 SCH 10S	UND	1	\$51,510.00	\$51,510.00
3.4	Reducción 3 x 1.5 SCH 10S	UND	1	\$54,060.00	\$54,060.00
3.5	Válvula de bola clase150-NPS 2 SCH-10	UND	2.00	\$ 83,000.00	\$ 166,000.00
3.6	Check Valve 1.5 SCH 10S	UND	1.00	\$110,000.00	\$ 110,000.00
3.7	Válvula de compuerta clase150-NPS 1 1/2 SCH-10	UND	2	\$151,000.00	\$302,000.00
3.8	Perno hexagonal 0.6250-18x2.25x1.5-N	UND	156	\$ 540.00	\$84,240.00
4.2	Arandela plana 0.625 in	UND	48	\$ 4,600.00	\$ 220,800.00
4.3	Tuerca hexagonal 0.6250-18-D-N	UND	14	\$ 10,900.00	\$ 152,600.00
4.3	mano de obra y transporte de materiales	UND	und	\$5,000,000	\$5,000,000
4.3	IVA				\$ 7,787,852.43
4.3	Imprevistos 10% de la obra				\$ 4,098,869.70
4.3	VALOR TOTAL SUMINISTRO Y OBRA				\$ 52,875,419.13

Figura 19. Presupuesto, sistema distribución de agua de servicio, tramo casa de máquinas.

Fuente: elaboración propia.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años

7. APORTES DEL ESTUDIANTE

- Participación en la ejecución de los mantenimientos mecánicos preventivos mensuales, realizados por el grupo de mantenimiento mecánico a las unidades de generación en la Central Hidroeléctrica URRÁ I, en el periodo comprendido entre los meses de agosto y diciembre de 2021.
- Participación en tres paradas de mantenimiento semestral, en maniobras específicas, de los grupos turbina-generator.
- Actualización del formato de orden de trabajo para los mantenimientos que se realizan en el campamento de funcionarios.
- Se realizaron actividades de supervisión, control y verificaciones del debido uso de elementos de protección personal al grupo de mantenimiento mecánico.
- Acompañamiento en el diligenciamiento de las ordenes de trabajo y consignaciones.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



8. CONCLUSIONES

Durante la practica empresarial, se realizó la participación en los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivos realizados por el área de mantenimiento mecánico de la Central Hidroeléctrica URRÁ I, se realizó el reconocimiento en la parte operativa y gerencial en los procesos productivos así como entender la demanda energética, la bolsa de energía en Colombia y los aspectos ambientales que implican generar energía a partir del agua retenida en un embalse, además se pudieron revisar manuales y planos de las instalaciones y equipos auxiliares, encargados de trabajar en conjunto para la generación de energía.

Se realizó una propuesta de mejoramiento, que consistió en diseñar un sistema de distribución de agua de servicio, tramo casa de máquinas, encargado de alimentar el edificio de control, debido a los problemas de corrosión que presenta el sistema actual, una vez determinado los parámetros de diseño, se calculó la cédula u espesor que debía tener la tubería, teniendo en cuenta la presión interna de sistema, bridas, codos y todas las conexiones, para ello se utilizó la norma ASME B.31.3. así se procedió a calcular el diámetro requerido para transportar el fluido con el sistema de bombas instalado, a partir de las pérdidas primarias y secundarias que fueron determinadas con una plantilla programada que permite calcular estas pérdidas de manera general, para cualquier sistema de tuberías en serie.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda para el taller mecánico, aplicar la metodología de la 5s para mejorar y mantener condiciones de orden, limpieza, seguridad en el entorno laboral, además aumentar los lugares para almacenamiento de equipos y herramientas.



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

10. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ NTC, 2047, Norma técnica colombiana, compendio de dibujo técnico (2015).
- ✓ Hurtado, F. (2006). Manual de operaciones del sistema de agua de enfriamiento en la Central Hidroeléctrica AGOYAN.
- ✓ Marrero R., Zelaya A. (2014). Evaluación de problemas de corrosión en tuberías de una central hidroeléctrica. Tecnología Química, 34(1), 1-10.
- ✓ Yunus A, Cimbala, J., & Sknarina, S. (2006). Mecánica de fluidos: Fundamentos y aplicaciones. McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Corporación para la investigación de la corrosión (CIC). 2007. Estudio del proceso de corrosión interna asociado a la infraestructura de la Hidroeléctrica URRÁ I S.A. E.S.P. Piedecuesta Santander.
- ✓ Cuevas, A, Hernández, L. 2019 Evaluación del cambio de la matriz energética en Colombia: sustitución de termoeléctricas por fuentes no convencionales de energía.
- ✓ Vázquez, M. (2014). La corrosión: el peor de los villanos cuando dominan los metales. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- ✓ Mott, R. L. (2009). Mecánica de fluidos aplicada. Pearson Educación.
- ✓ Martín, I., Salcedo, R., & Font, R. (2011). Mecánica de Fluidos:
- ✓ URRÁ, HIDROELÉCTRICA 2021, Gestión técnica.
<https://urra.com.co/>
- ✓ Parra, J, Velasco, M, L. G. (2014). Diseño para construcción de un banco de pruebas para determinar las pérdidas de carga en un sistema de tuberías.



Certificado GP 134-1



ISO 9001

Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

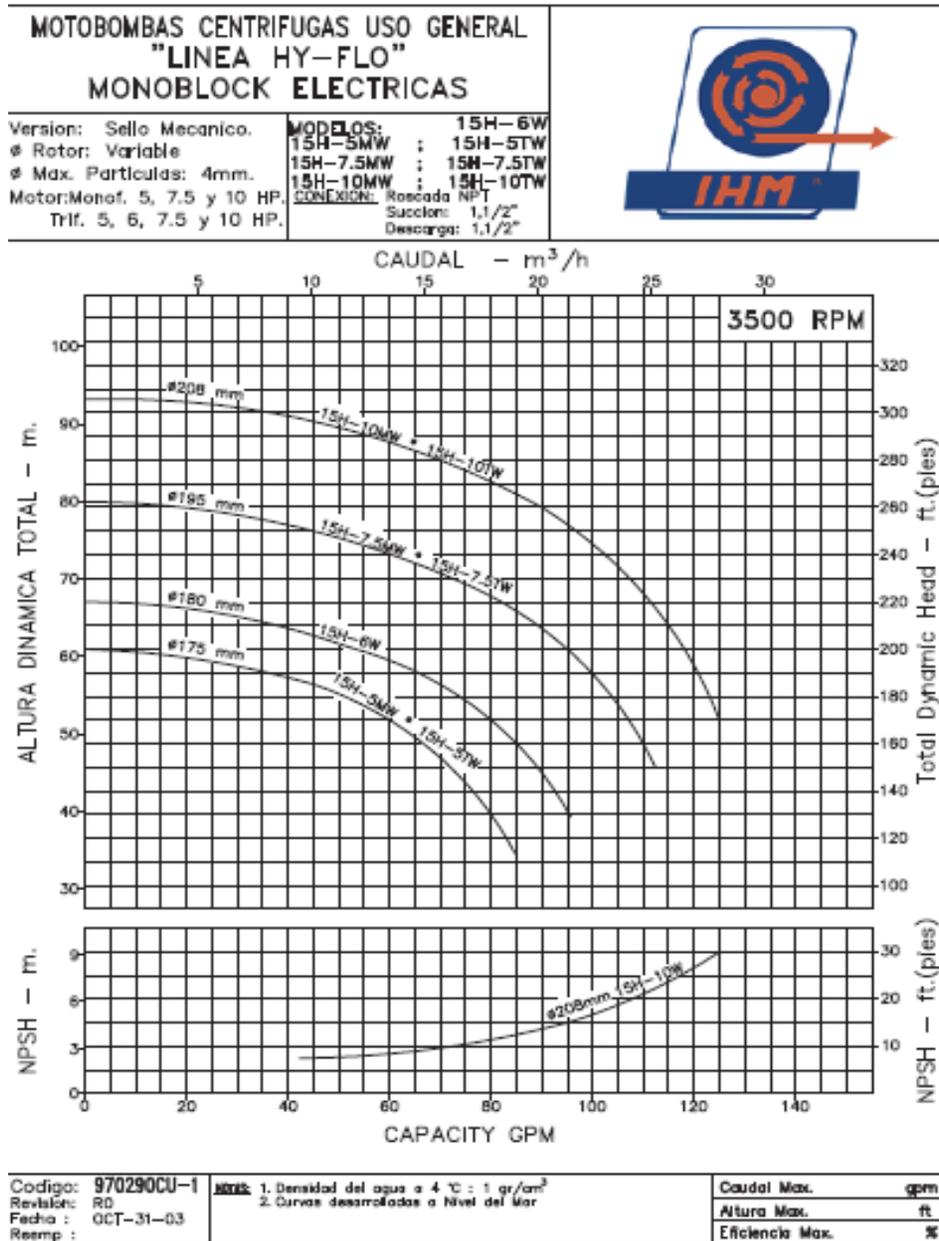
INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años

ANEXOS

Anexo 1. Catálogo de bombas instaladas.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2013. Vigencia: 4 años

Anexo 2. Dimensiones de tubería según ASME B36.19M.

Tamaño nominal		Diámetro exterior	SCH 5S	SCH 10S	SCH 40S	SCH 80S
NPS	DN					
in	mm		in (mm)	in (mm)	in (mm)	in (mm)
1/8	6	0.405 (10.3)	... (...)	0.049 (1.24)	0.068 (1.73)	0.095 (2.41)
1/4	8	0.54 (13.7)	... (...)	0.065 (1.65)	0.088 (2.24)	0.119 (3.02)
3/8	10	0.675 (17.1)	... (...)	0.065 (1.65)	0.091 (2.31)	0.126 (3.2)
1/2	15	0.84 (21.3)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.109 (2.77)	0.147 (3.73)
3/4	20	1.05 (26.7)	0.065 (1.65)	0.083 (2.11)	0.113 (2.87)	0.154 (3.91)
1	25	1.315 (33.4)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.133 (3.38)	0.179 (4.55)
1 1/4	32	1.66 (42.2)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.14 (3.56)	0.191 (4.85)
1 1/2	40	1.9 (48.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.145 (3.68)	0.2 (5.08)
2	50	2.375 (60.3)	0.065 (1.65)	0.109 (2.77)	0.154 (3.91)	0.218 (5.54)
2 1/2	65	2.875 (73)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.203 (5.16)	0.276 (7.01)
3	80	3.5 (88.9)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.216 (5.49)	0.3 (7.62)
3 1/2	90	4 (101.6)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.226 (5.74)	0.318 (8.08)
4	100	4.5 (114.3)	0.083 (2.11)	0.12 (3.05)	0.237 (6.02)	0.337 (8.56)
5	125	5.563 (141.3)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.258 (6.55)	0.375 (9.53)
6	150	6.625 (168.28)	0.109 (2.77)	0.134 (3.4)	0.28 (7.11)	0.432 (10.97)
8	200	8.625 (219.08)	0.109 (2.77)	0.148 (3.76)	0.322 (8.18)	0.5 (12.7)
10	250	10.75 (273.05)	0.134 (3.4)	0.165 (4.19)	0.365 (9.27)	0.5 (12.7)
12	300	12.75 (323.85)	0.156 (3.96)	0.18 (4.57)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
14	350	14 (355.6)	0.156 (3.96)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
16	400	16 (406.4)	0.165 (4.19)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
18	450	18 (457.2)	0.165 (4.19)	0.188 (4.78)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
20	500	20 (508)	0.188 (4.78)	0.218 (5.54)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
22	550	22 (558.8)	0.188 (4.78)	0.218 (5.54)	... (...)	... (...)
24	600	24 (609.6)	0.218 (5.54)	0.25 (6.35)	0.375 (9.53)	0.5 (12.7)
30	750	30 (762)	0.25 (6.35)	0.312 (7.92)	... (...)	... (...)



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019. Vigencia: 4 años

Anexo 3. Factores de calidad básicos para juntas longitudinales soldadas en tuberías, tubos y accesorios.

No. espec.	Clase (o tipo)	Descripción	Ej (2)	Notas Apéndice A
Acero de baja y media aleación (continuación)				
A 672	12, 22, 32, 42, 52	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	(76)
A 691	12, 22, 32, 42, 52	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	(76)
Acero inoxidable				
A 182	...	Ferjas y accesorios	1.00	...
A 258	...	Tubo sin costura	1.00	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 289	...	Tubo sin costura	1.00	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 312	...	Tubo sin costura	1.00	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubo soldado por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 358	1, 3, 4	Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
	5	Tubería soldada por fusión eléctrica, radiografía por lotes	0.90	...
	2		0.85	...
A 376	...	Tubería sin costura	1.00	...
A 403	...	Accesorio sin costura	1.00	...
		Accesorio soldado, 100% radiografiado	1.00	(16)
		Accesorio soldado, cordón doble a tope.	0.85	...
		Accesorio soldado, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 409	...	Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope.	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 487	...	Fundiciones de acero	0.80	(77)(92)
A 789	...	Tubería sin costura	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 790	...	Tubería sin costura	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, 100% radiografiado	1.00	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
A 815	...	Accesorio sin costura	1.00	...
		Accesorio soldado, 100% radiografiado	1.00	(16)
		Accesorio soldado, cordón doble a tope.	0.85	...
		Accesorio soldado, cordón sencillo a tope	0.80	...
Cobre y aleación de cobre				
B 42	...	Tubería sin costura	1.00	...
B 43	...	Tubería sin costura	1.00	...
B 68	...	Tubería sin costura	1.00	...
B 75	...	Tubería sin costura	1.00	...
B 88	...	Tubo sin costura para agua	1.00	...
B 280	...	Tubería y tubo sin costura	1.00	...
B 466	...	Tubería soldada por fusión eléctrica	1.00	...
B 467	...	Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón doble a tope	0.85	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...
		Tubería soldada por fusión eléctrica, cordón sencillo a tope	0.80	...



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINECUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010. Vigencia: 4 años

Anexo 4. Esfuerzos permitidos básicos en tensión para metales.

Material	No. espec.	N.º P o N.º S (5)	Grado	No. UNS	Notas	Temp. min. °F (6)	Min. esfuerzo especificado, ksi		Temp. min. a 100	200	300	400	500	600
							Tensión	Elasticidad						
Acero Inoxidable (3) (4*)														
Tuberías y tubos (2)														
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti smts > 3/4 pulg. de espesor	A 312	8	TP321	S32100	(30)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti > 3/4 pulg. de espesor	A 376	8	TP321	S32100	(30)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
Tubo de 18Cr-8Ni	A 269	8	TP304L	S30403	(14)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,8	14,7	14,0
Tubería de 18Cr-8Ni	A 312	8	TP304L	S30403		-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,8	14,7	14,0
Tipo 304L A 240	A 358	8	304L	S30403	(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,8	14,7	14,0
Tubo de 16Cr-12Ni-2Mo	A 269	8	TP316L	S31603	(14)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,7	14,8	14,0
Tubería de 16Cr-12Ni-2Mo	A 312	8	TP316L	S31603	...	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,7	14,8	14,0
Tipo 316L A 240	A 358	8	316L	S31603	(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	15,7	14,8	14,0
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti smts > 3/4 pulg. de espesor	A 312	8	TP321	S32100	(28)(30)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti > 3/4 pulg. de espesor	A 376	8	TP321	S32100	(28)(30)(36)	-425	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti smts > 3/4 pulg. de espesor	A 312	8	TP321H	S32109	(30)(36)	-325	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
Tubería de 18Cr-10Ni-Ti > 3/4 pulg. de espesor	A 376	8	TP321H	S32109	...	-325	70	25	16,7	16,7	16,7	16,7	16,1	15,2
23Cr-13Ni	A 451	8	CPH8	193400	(26)(28)(35)	-325	65	28	18,7	18,7	18,5	18,0	17,7	17,1
25Cr-20Ni	A 451	8	CPK20	J94202	(12)(28)(35)(39)	-325	65	28	18,7	18,7	18,5	18,0	17,7	17,1
11Cr-Ti tube	A 268	7	TP409	S40900	(35)	-20	60	30	20,0	...	...	...	...	...
18Cr-Ti tube	A 268	7	TP430Ti	S43036	(35)(49)	-20	60	40	20,0	...	...	...	...	...
15Cr-13Ni-2Mo-Cb	A 451	5-8	CPF10MC	...	(28)	-325	70	30	20,0	...	...	...	...	...
Tubería de 16Cr-8Ni-2Mo	A 376	8	16-8-2H	S16800	(26)(31)(35)	-325	75	30	20,0	...	...	...	...	...
Tubo de 12Cr-Al	A 268	7	TP405	S40500	(35)	-20	60	30	20,0	20,0	19,6	19,3	19,0	18,5
Tubo de 13Cr	A 268	6	TP410	S41000	(35)	-20	60	30	20,0	20,0	19,6	19,3	19,0	18,5
Tubo de 16Cr	A 268	7	TP430	S43000	(35)(49)	-20	60	35	20,0	20,0	19,6	19,3	19,0	18,5
Tubería de 18Cr-13Ni-3Mo	A 312	8	TP317L	S31703	...	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	18,9	17,7	16,9
Tubería de 25Cr-20Ni	A 312	8	TP310	...	(28)(35)(39)	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	20,0	19,3	18,5
Tipo 310S A 240	A 358	8	310S	S31008	(28)(31)(35)(36)	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	20,0	19,3	18,5
Tubería de 25Cr-20Ni	A 409	8	TP310	S31000	(28)(31)(35)(36)(39)	-325	75	30	20,0	20,0	20,0	20,0	19,3	18,5



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CORDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



Anexo 5. Factor de reducción de Solidez de soldadura. W. ASME B31.3.

Grupo de aceros	Temperatura del componente, T_c , °C (°F)														
	427 (800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1.000)	566 (1.050)	593 (1.100)	621 (1.150)	649 (1.200)	677 (1.250)	704 (1.300)	732 (1.350)	760 (1.400)	788 (1.450)	816 (1.500)
CrMo [Notas (1)–(3)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73	0,68	0,64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notas (3)–(5)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notas (3) y (4)] (PWHT subcrítico)	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	...	...	...	...	...	...
Soldaduras autógenas en acero inoxidable austenítico grado 3xx y aleaciones de níquel N088xx y N066xx [Nota (6)]	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Acero inoxidable austenítico grado 3xx y aleaciones de níquel N088xx [Notas (7) y (8)]	1	0,95	0,91	0,86	0,82	0,77	0,73	0,68	0,64	0,59	0,55	0,5
Otros materiales [Nota (9)]

Anexo 6. Valores de coeficiente Y.

Materiales	Temperatura, °C (°F)					
	≤ 482 (900 y menores)	510 (950)	538 (1.000)	566 (1.050)	593 (1.100)	≤ 621 (1.150 y mayores)
Aceros Ferríticos	0,4	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7
Aceros Austeníticos	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7
Otros metales ductiles	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Hierro Fundido	0,0	...	...	...	...	...



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2056 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años

Anexo 7. Tabla para Rating Presión-Temperatura. ANSI B-16.5.

Temperatura °C	Presión en bar, para Bridas según PN						
	20	50	68	100	150	250	420
	Presión en bar, para las Clases						
	150	300	400	600	900	1500	2500
- 29 / 38	19.6	51.0	68.2	102.0	153.1	255.4	425.4
93	17.9	46.5	62.0	93.1	139.6	232.7	387.8
149	15.8	45.2	60.3	90.7	135.8	226.1	377.1
204	13.8	43.8	58.2	87.6	131.0	218.6	364.0
260	11.7	41.4	55.1	82.7	123.8	206.5	344.0
316	9.6	37.9	50.3	75.5	113.1	188.6	314.4
343	8.6	36.9	49.3	74.1	111.0	185.1	308.5
371	7.6	35.8	48.9	73.4	110.3	183.7	306.1
399	6.5	34.8	46.2	69.6	104.1	173.7	289.6
427	5.5	28.3	37.9	56.9	85.1	142.0	236.5
454	4.5	18.6	24.5	36.9	55.5	92.4	153.7
482	3.4	11.7	15.8	23.8	35.5	59.3	98.6
510	2.4	7.2	9.6	14.1	51.4	35.5	59.3
538	1.3	3.4	4.8	7.2	10.7	17.9	29.6



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

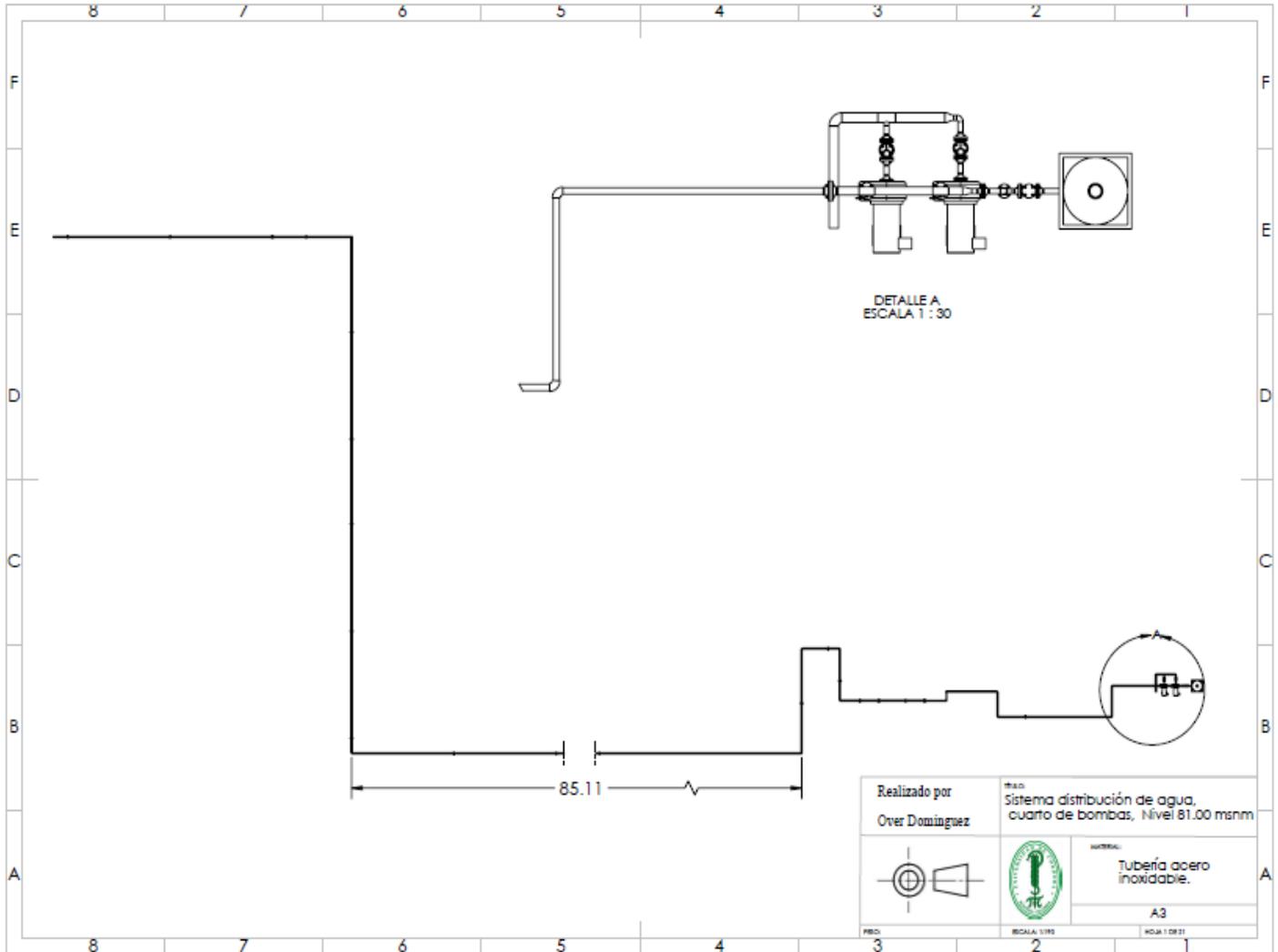
UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019. Vigencia: 4 años

Anexo 8. Planos del sistema de distribución de agua del edificio de control, tramo casa de máquinas.



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



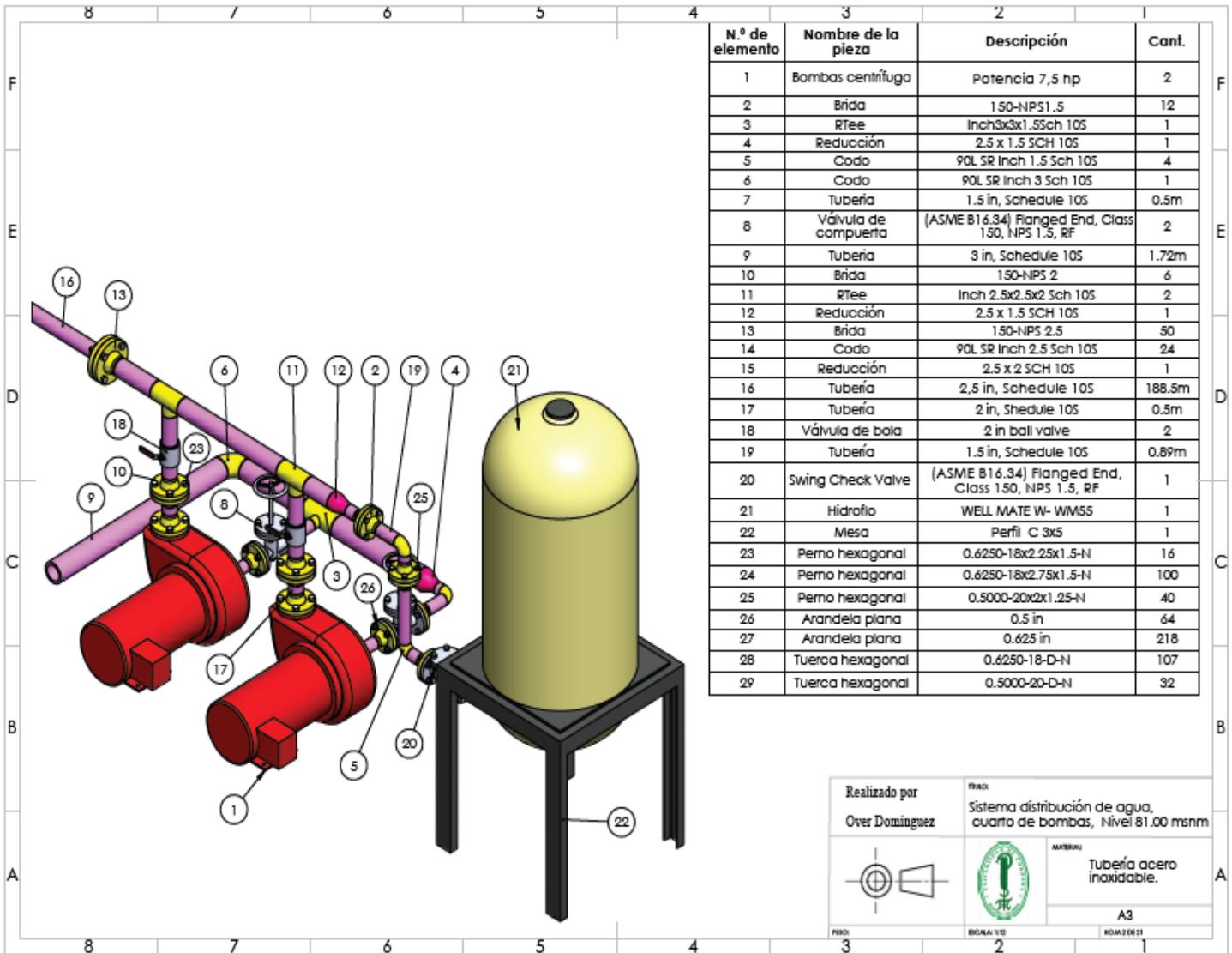
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010. Vigencia: 4 años



Realizado por Over Dominguez	PROY Sistema distribución de agua, cuarta de bombas, Nivel 81.00 msnm
	MATERIAL Tubería acero inoxidable.
	A3
PROY	BICAJA 110
	BOVA 2 DE 31





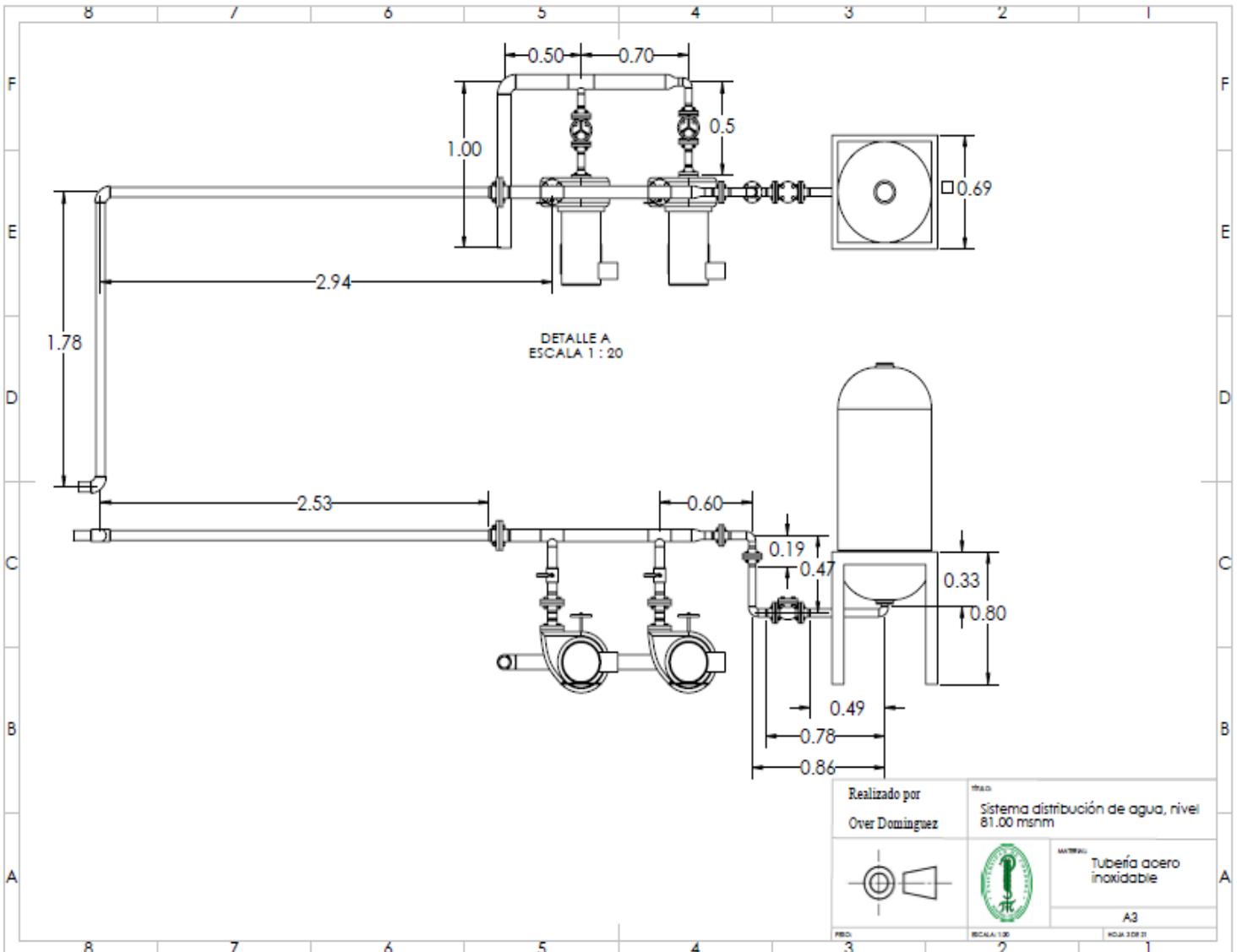
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



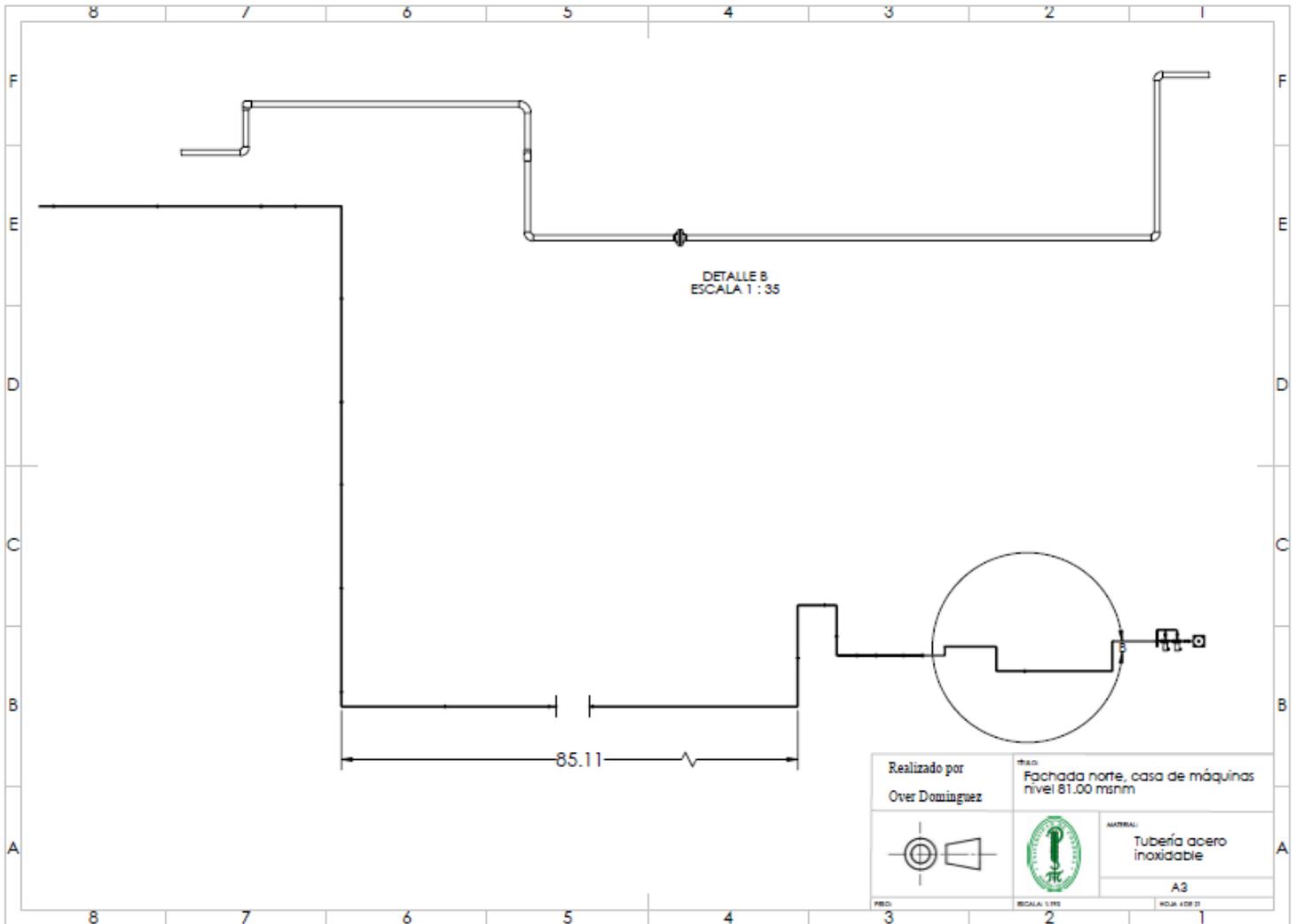
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019. Vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



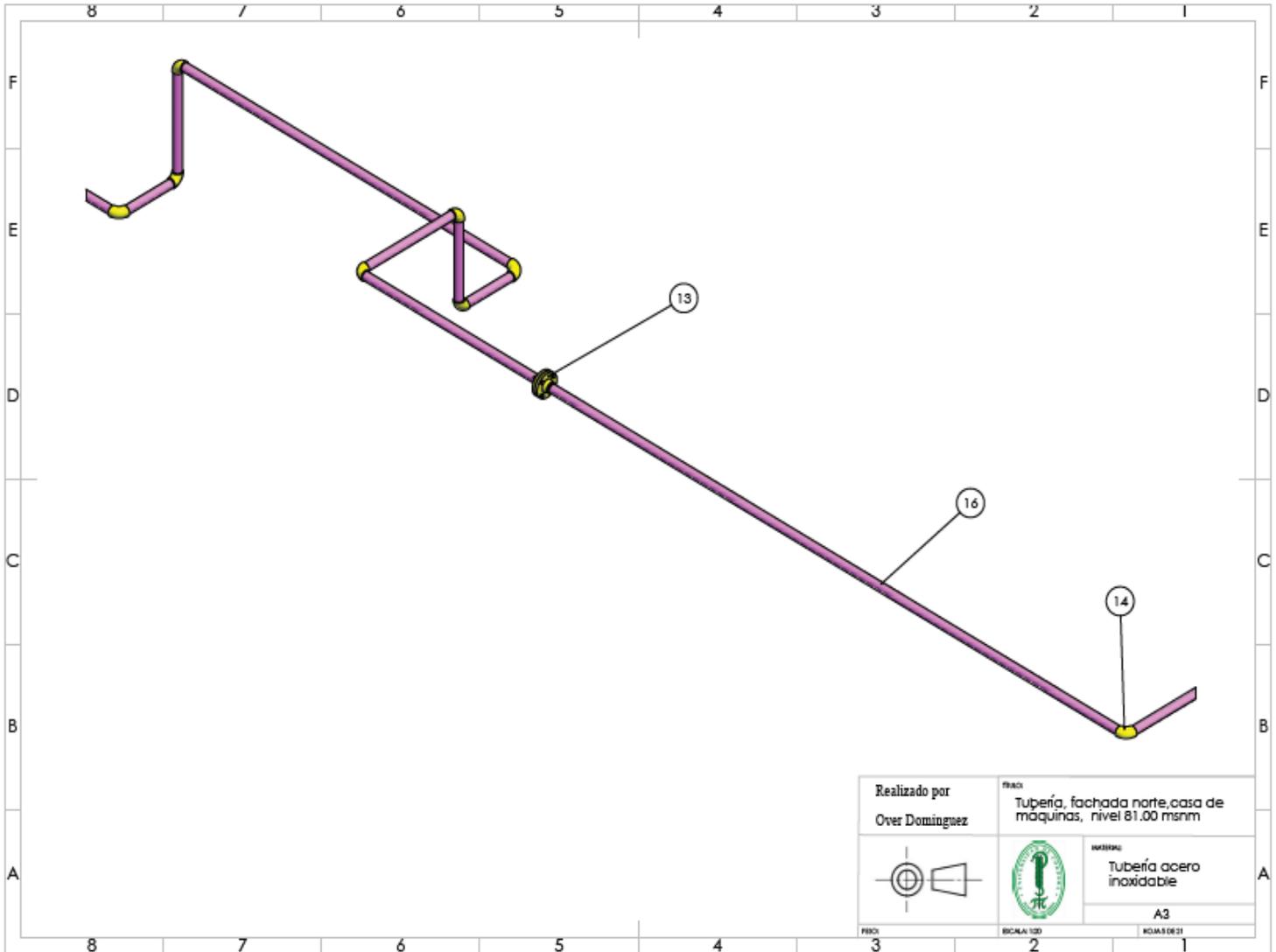
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



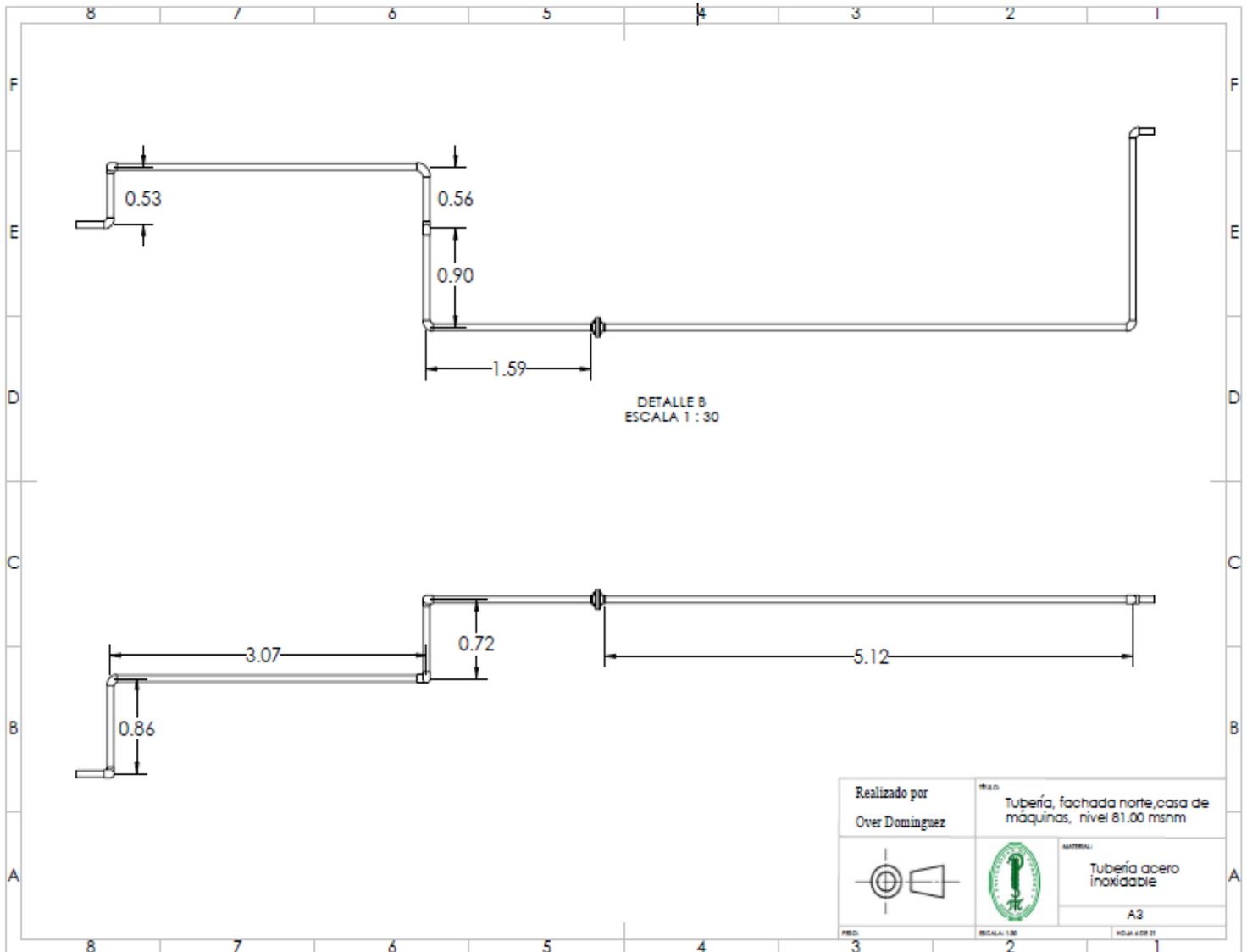
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



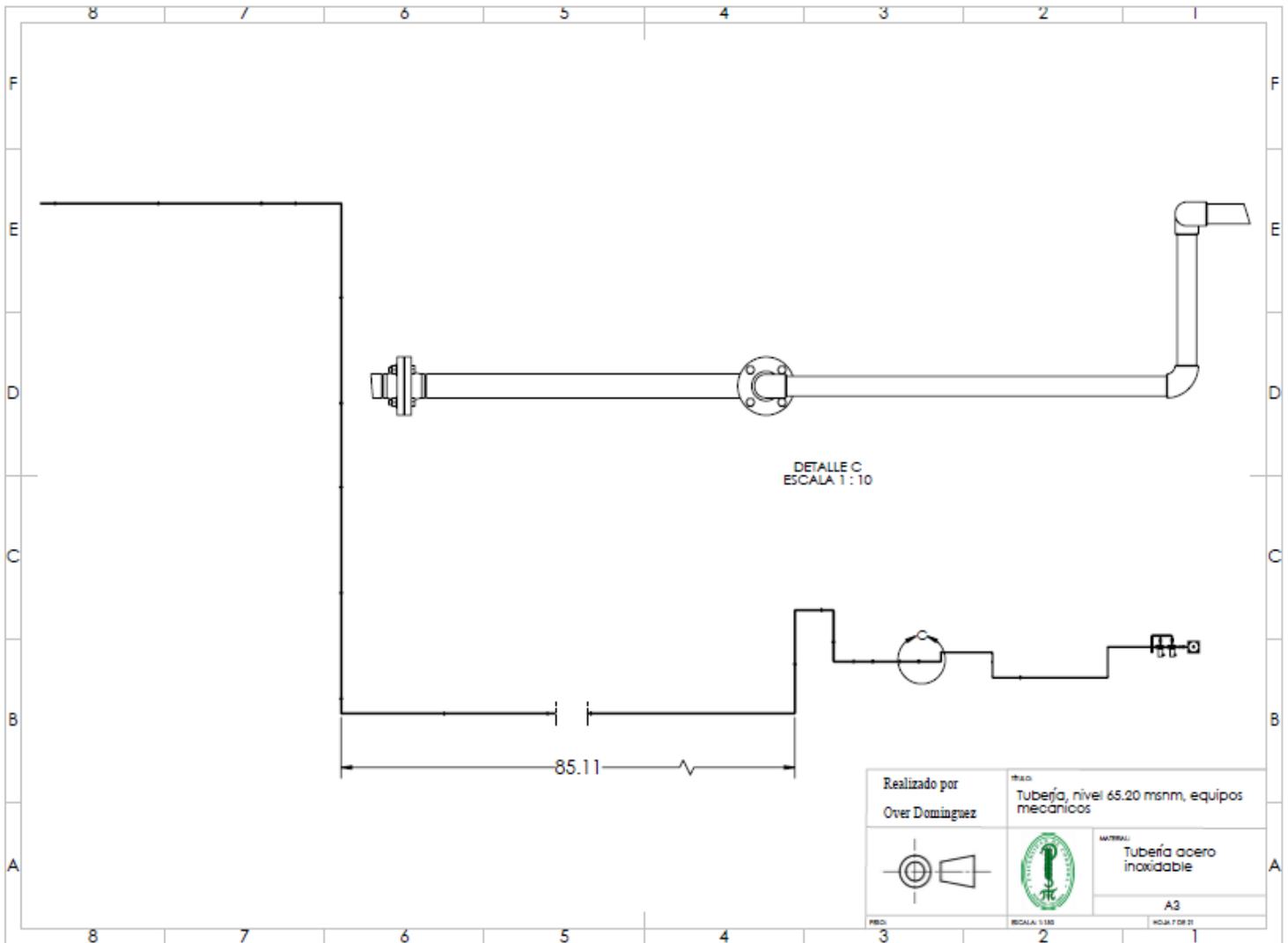
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



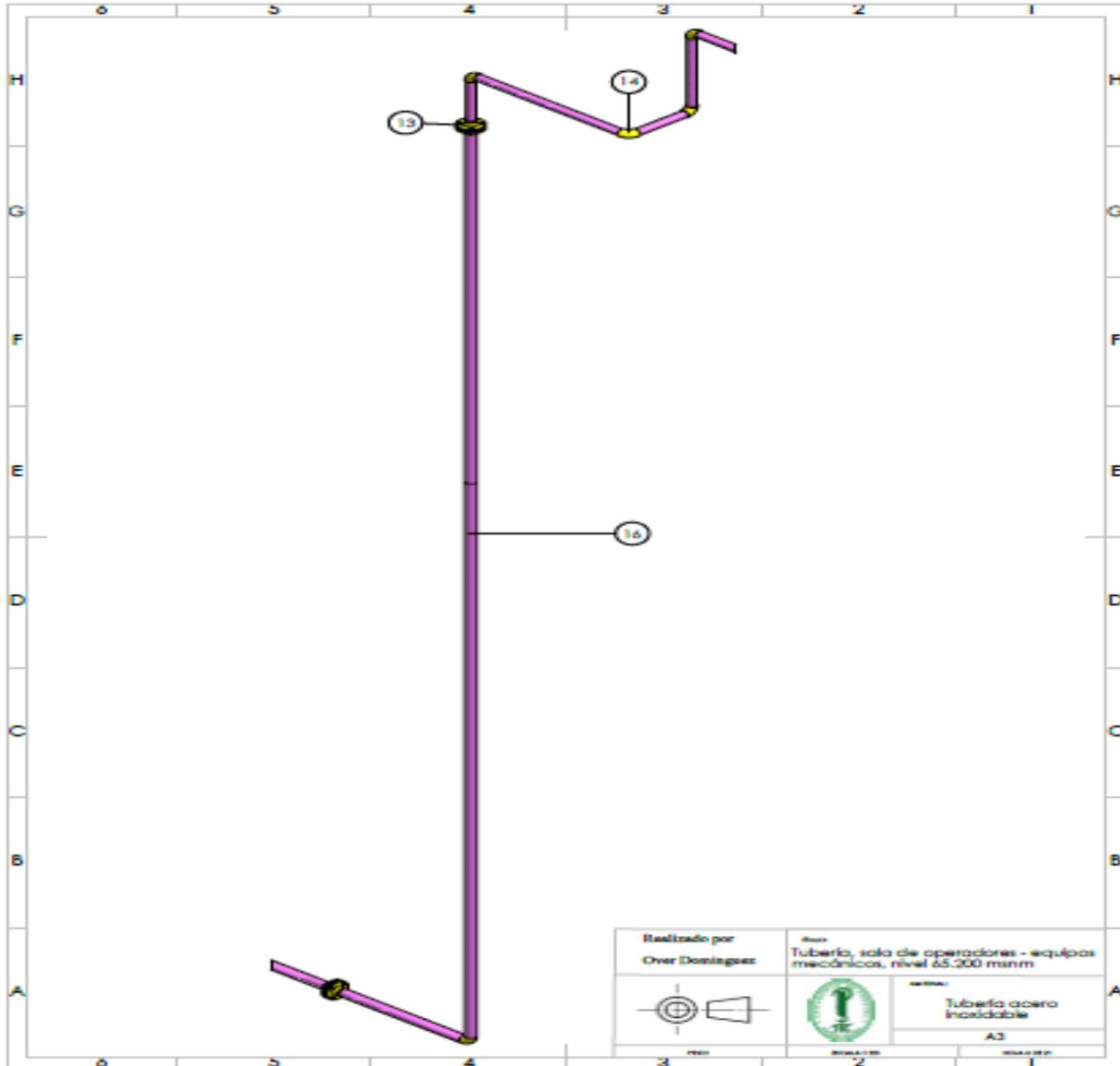
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



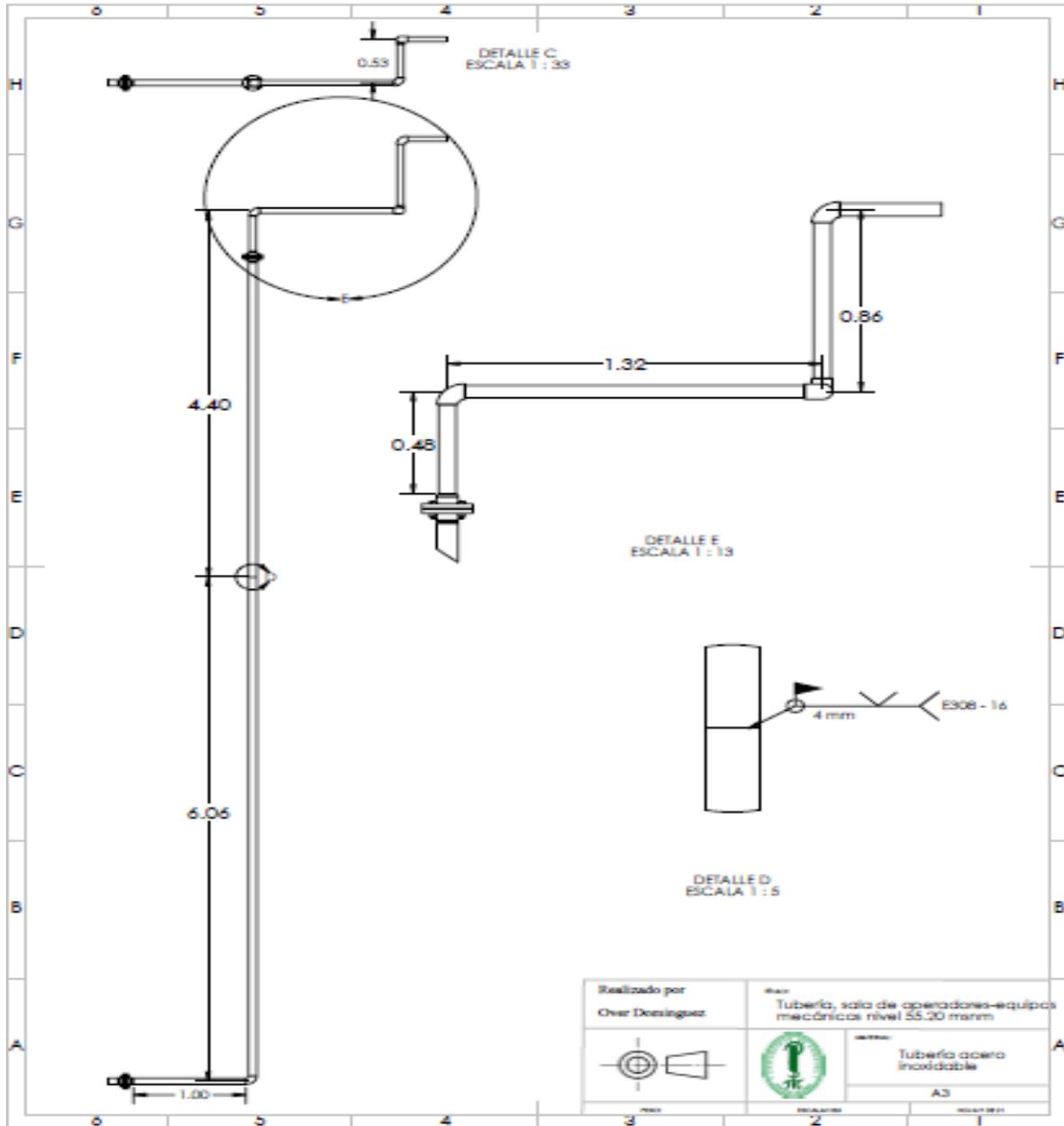
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 0556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1

Certificado SC 5278-1

Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



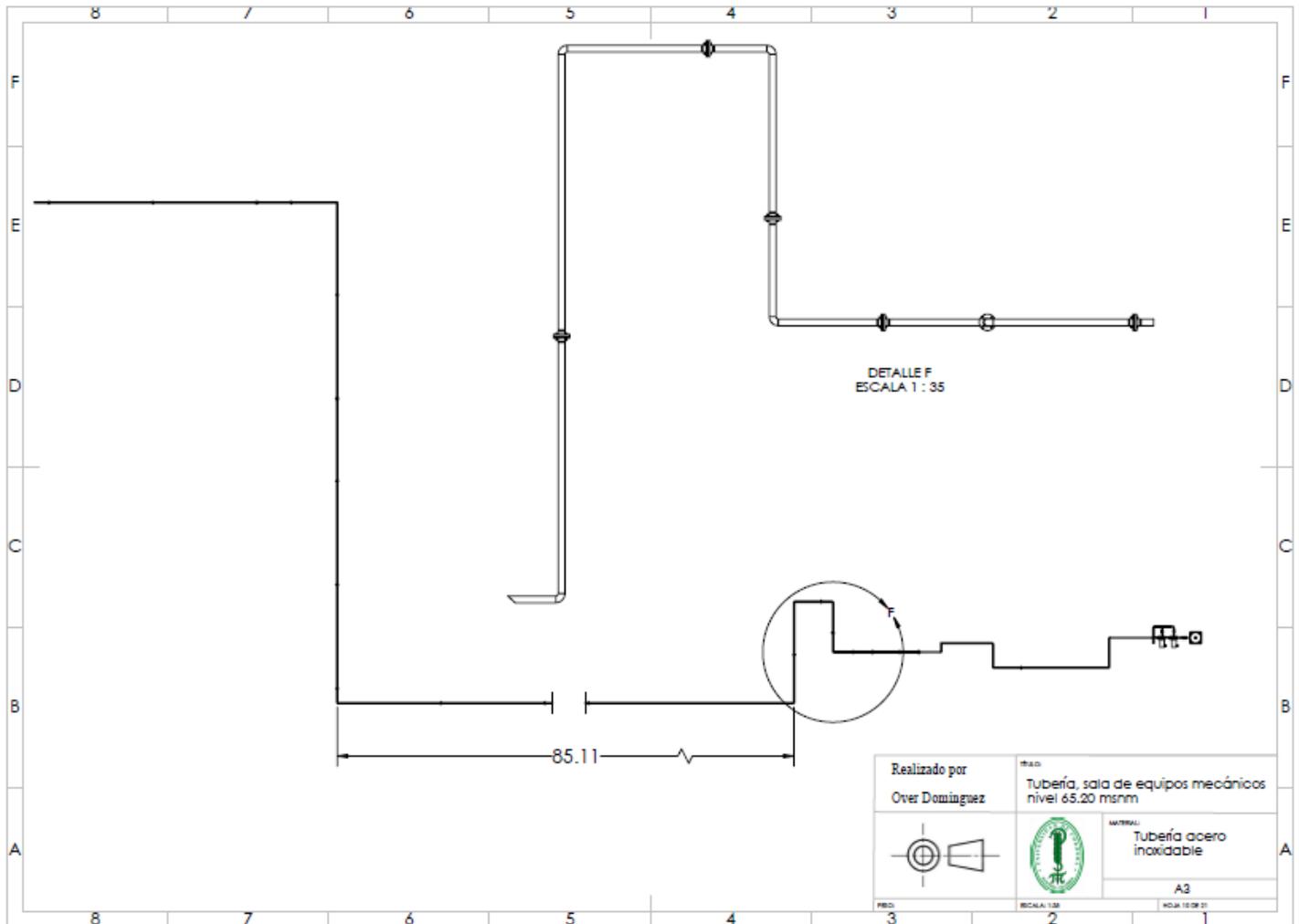
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2010, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



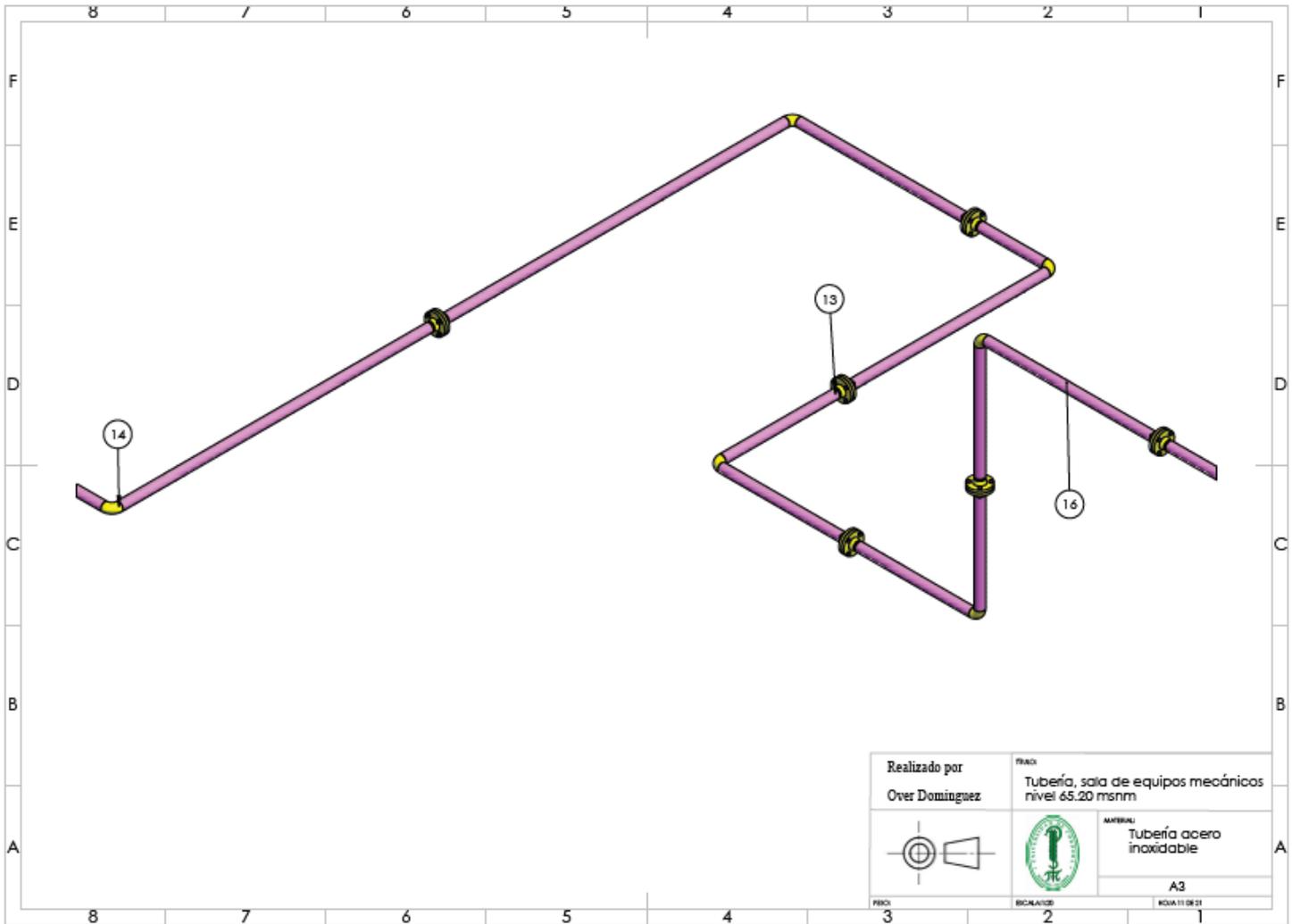
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2013, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



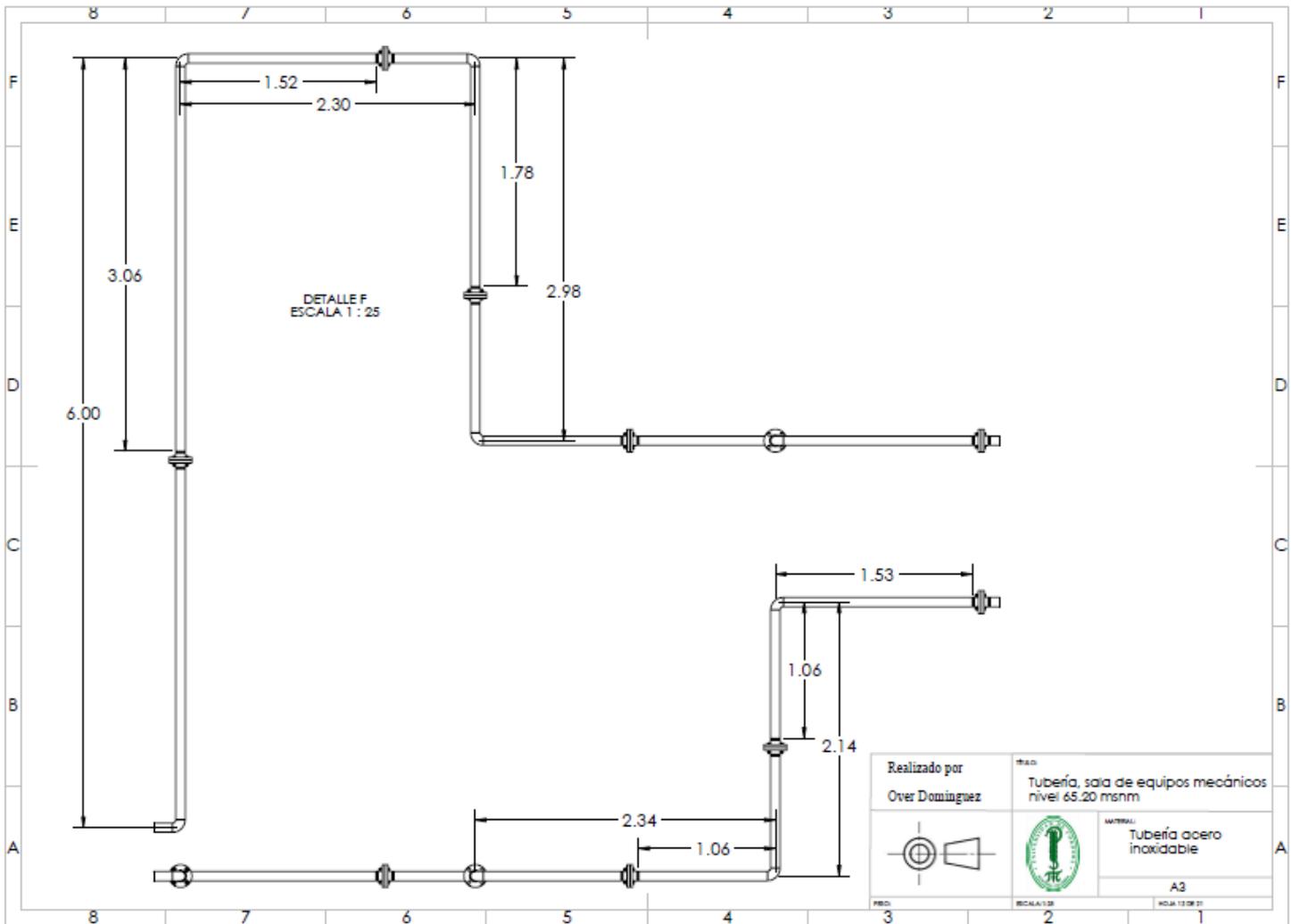
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



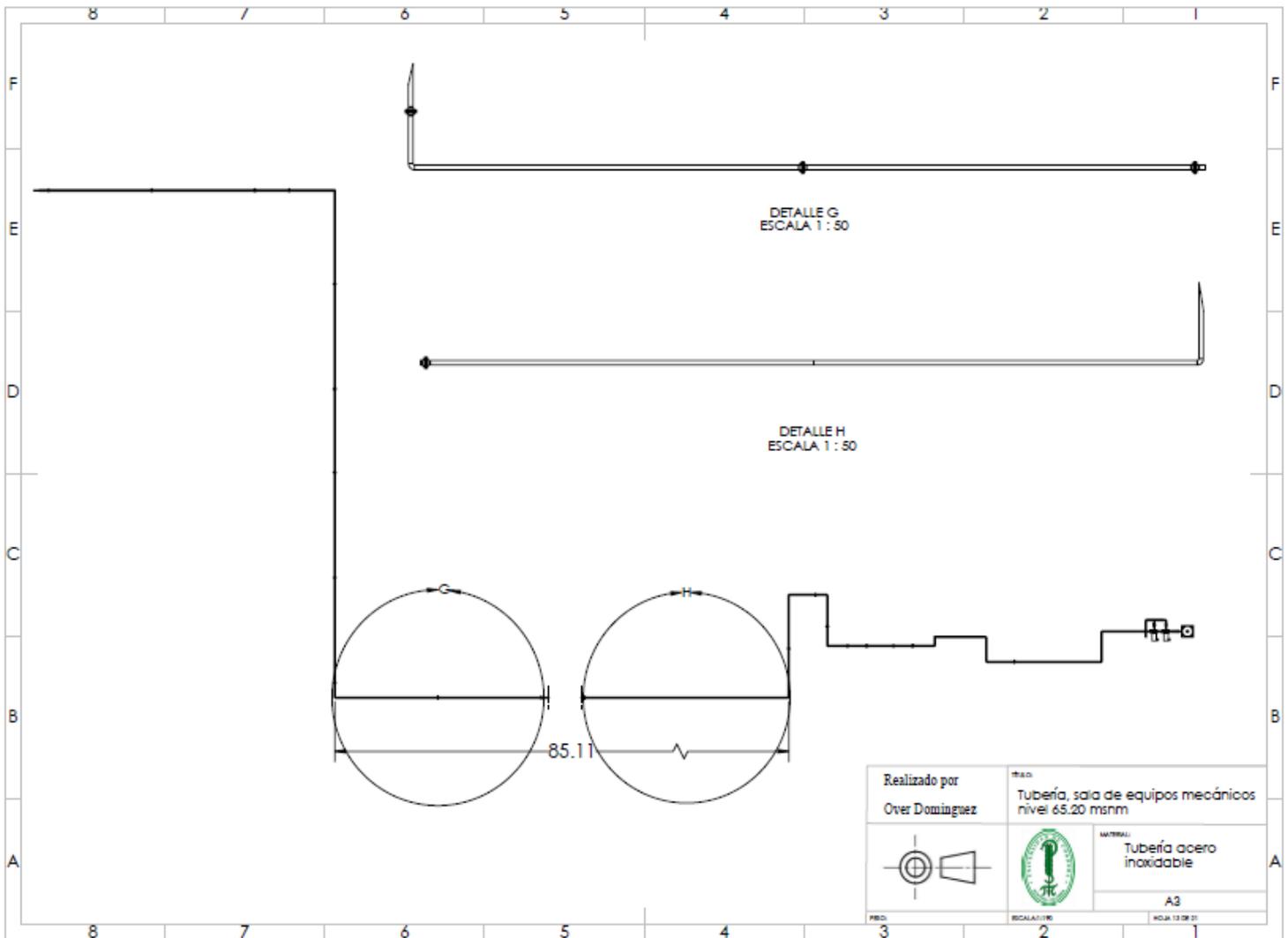
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2856 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



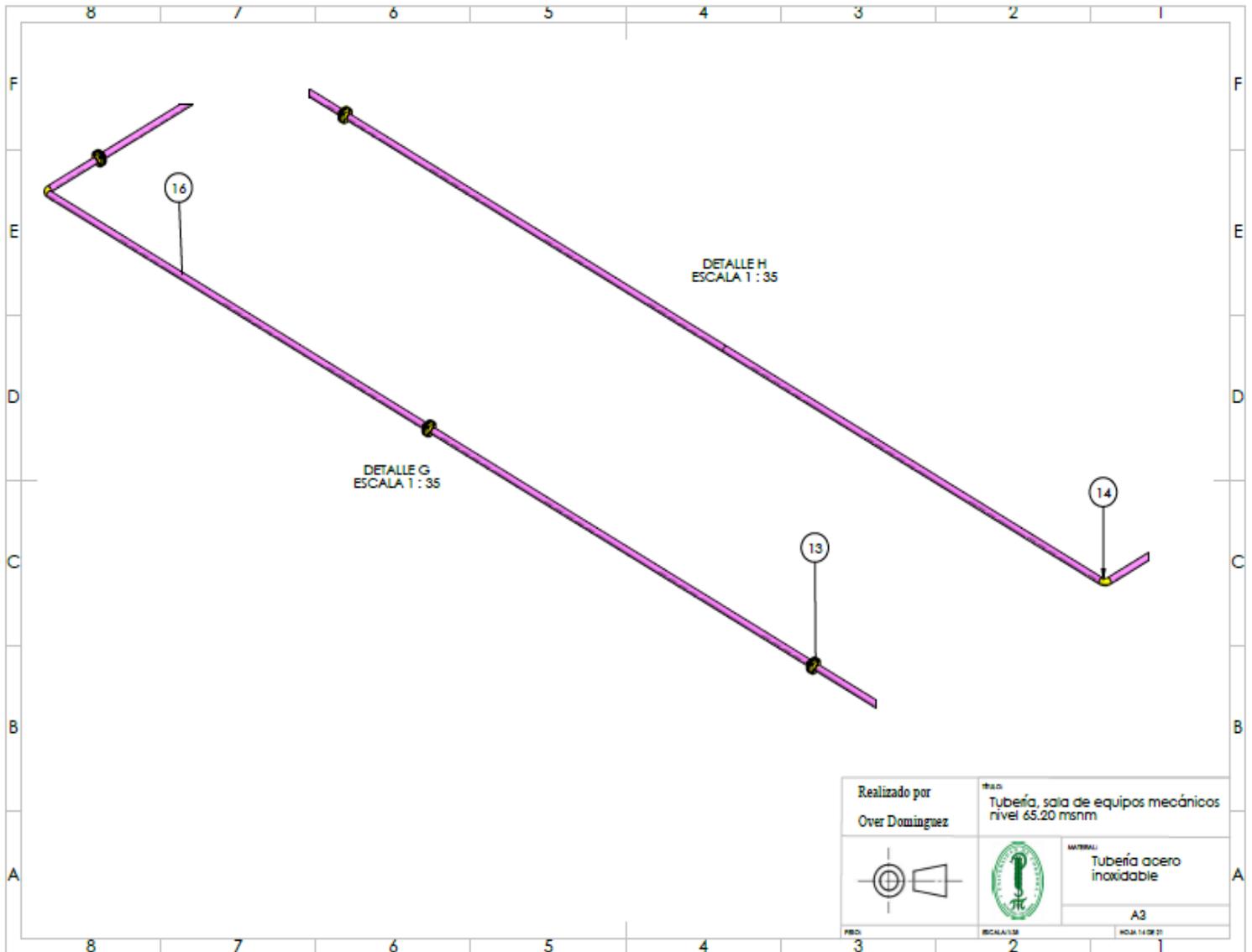
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



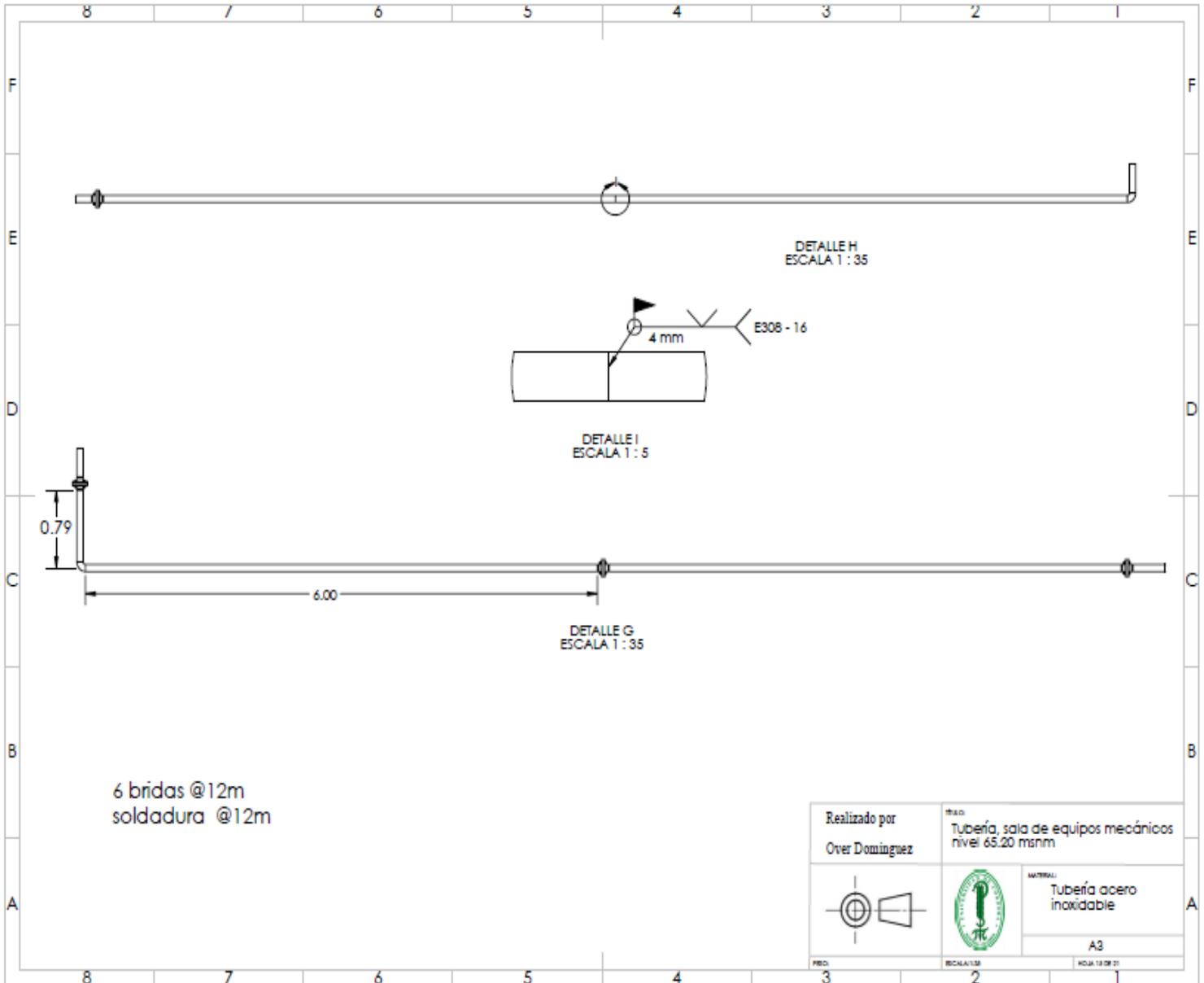
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



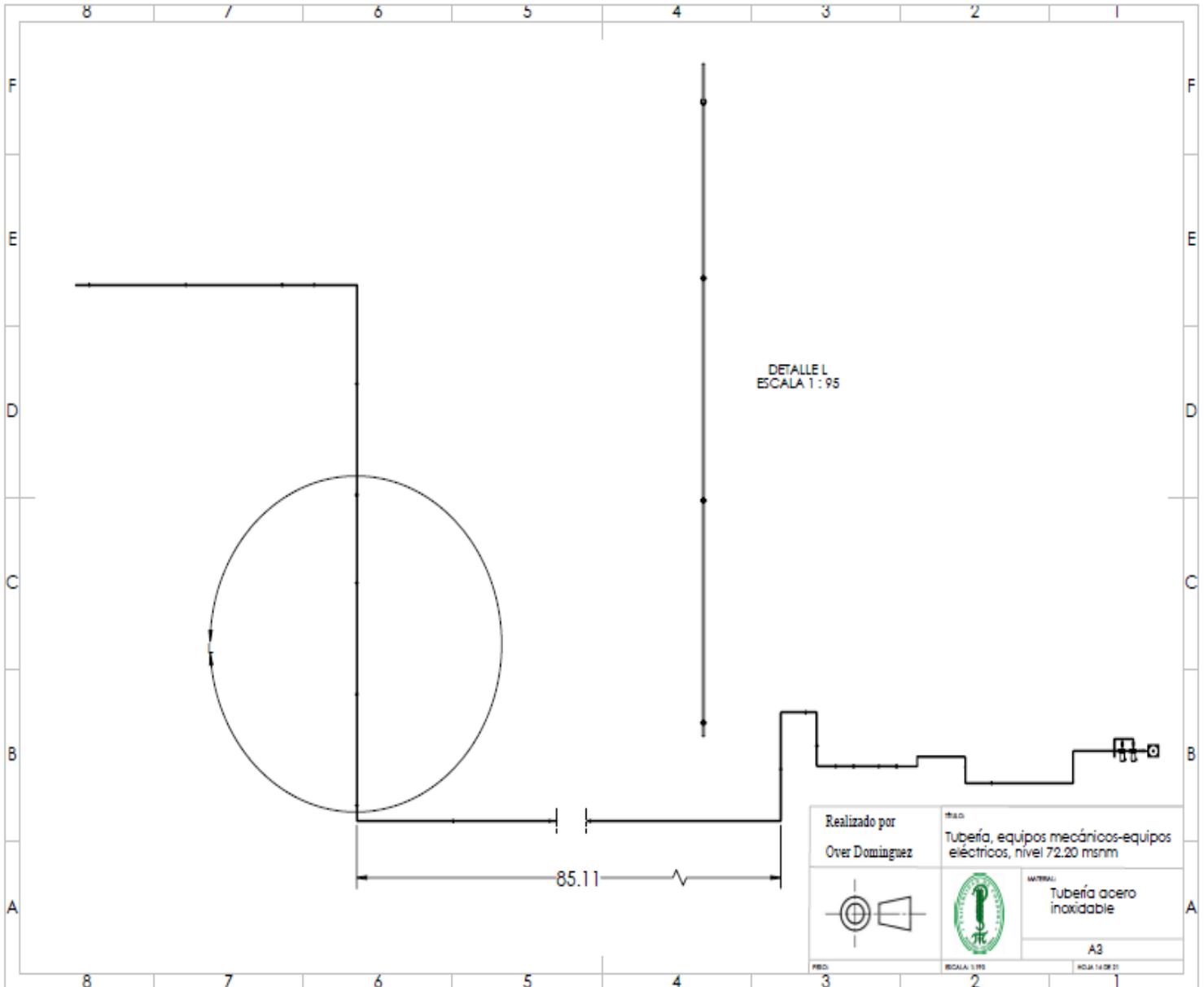
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2856 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



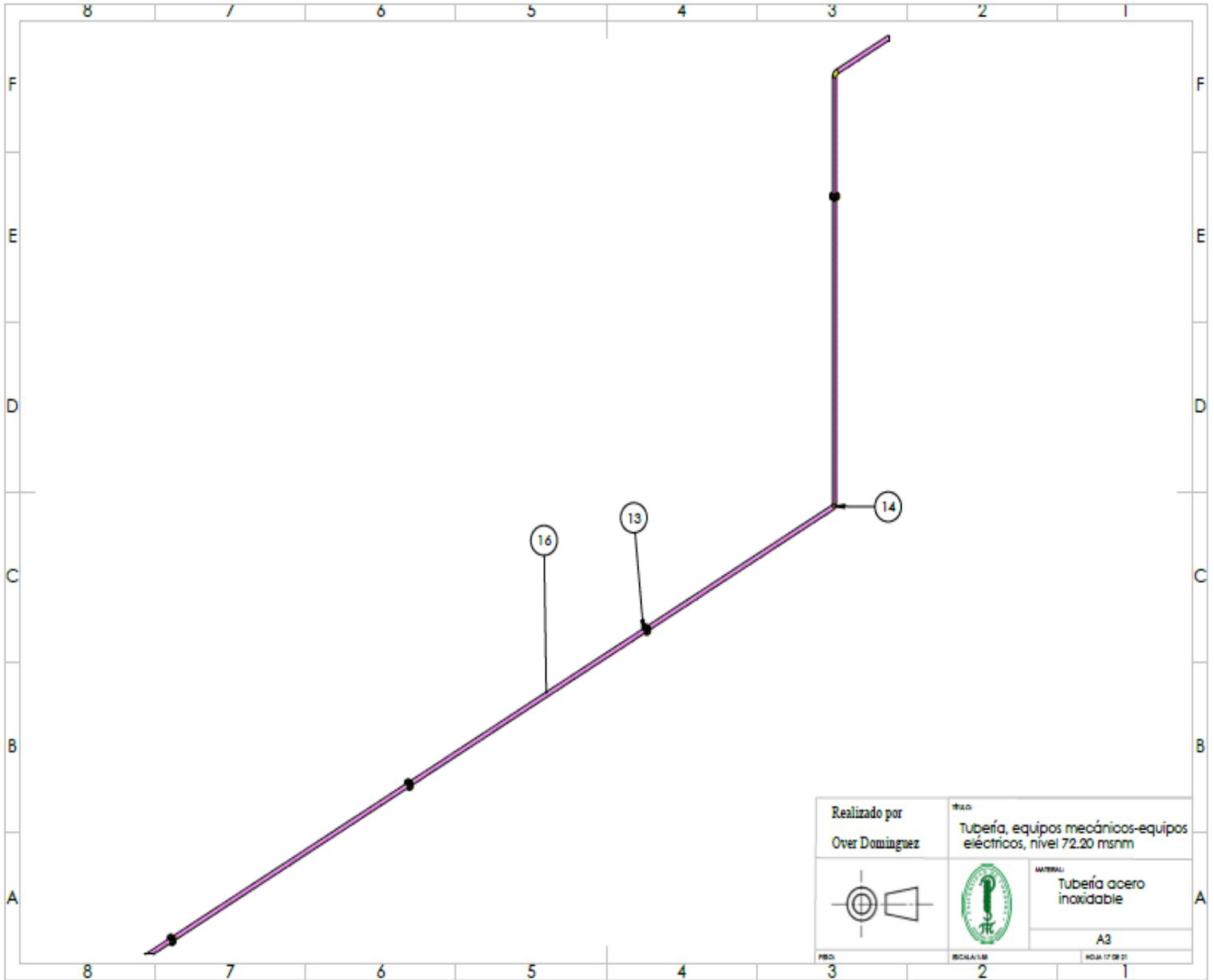
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



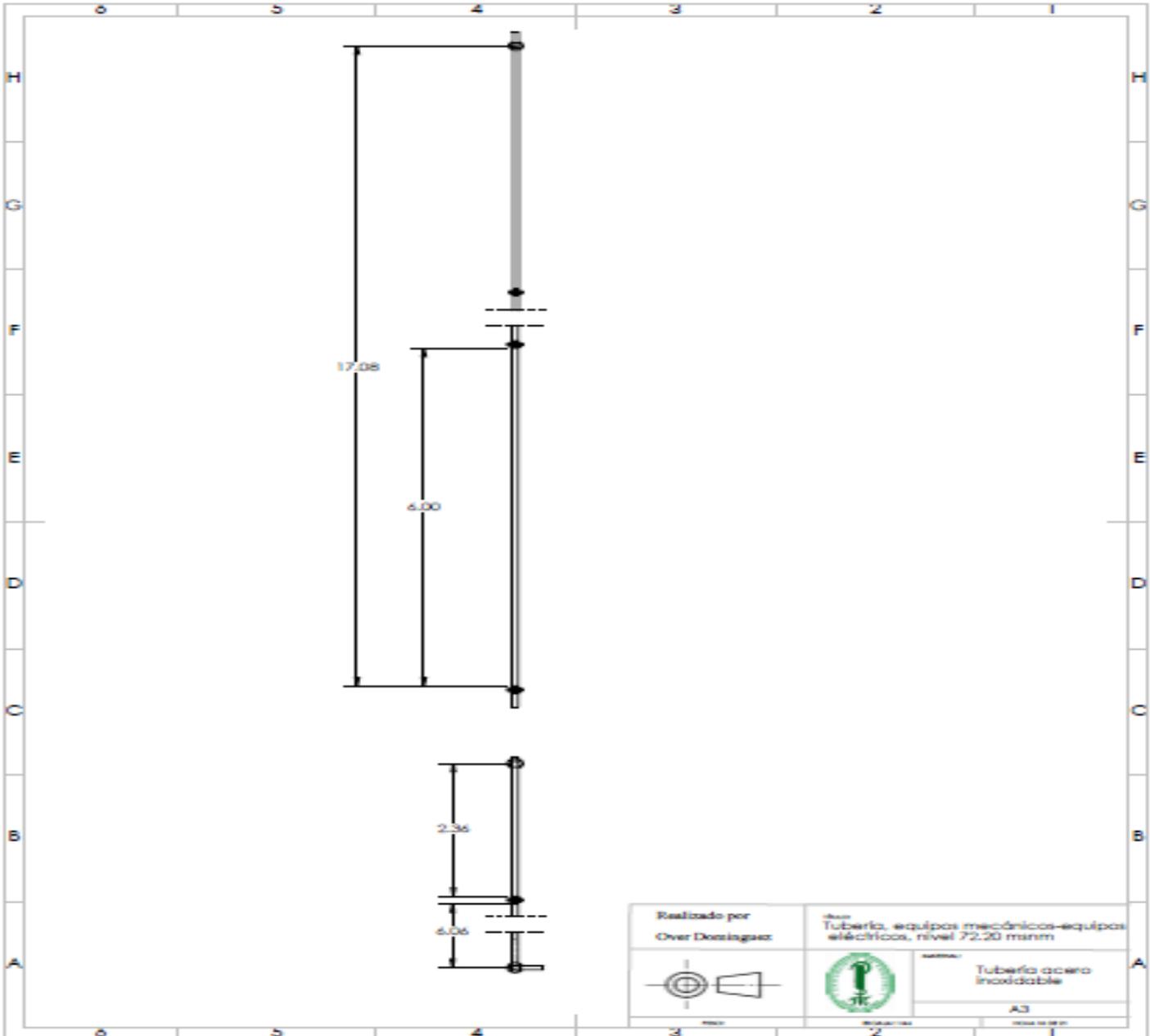
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



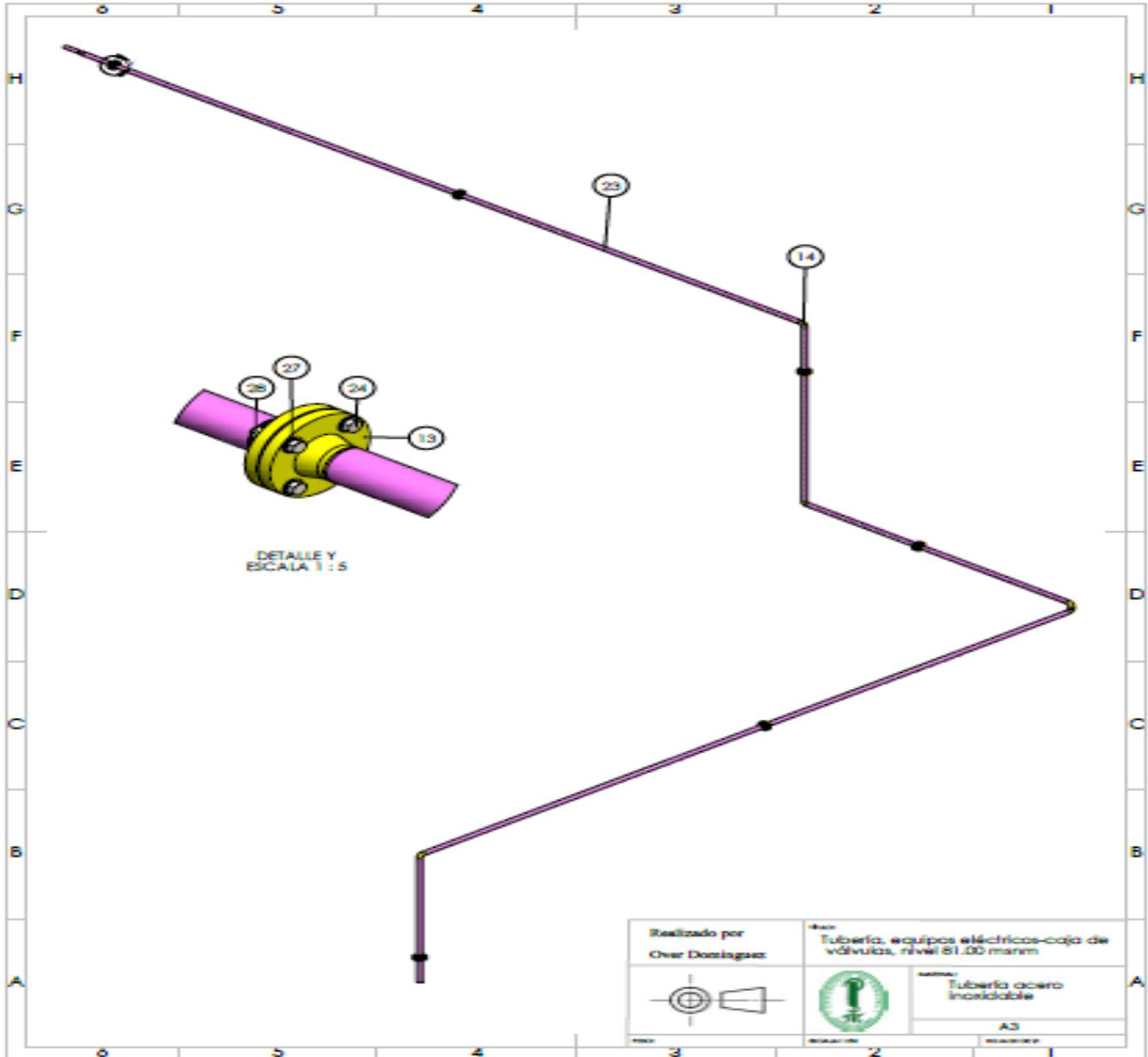
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019, vigencia: 4 años



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co



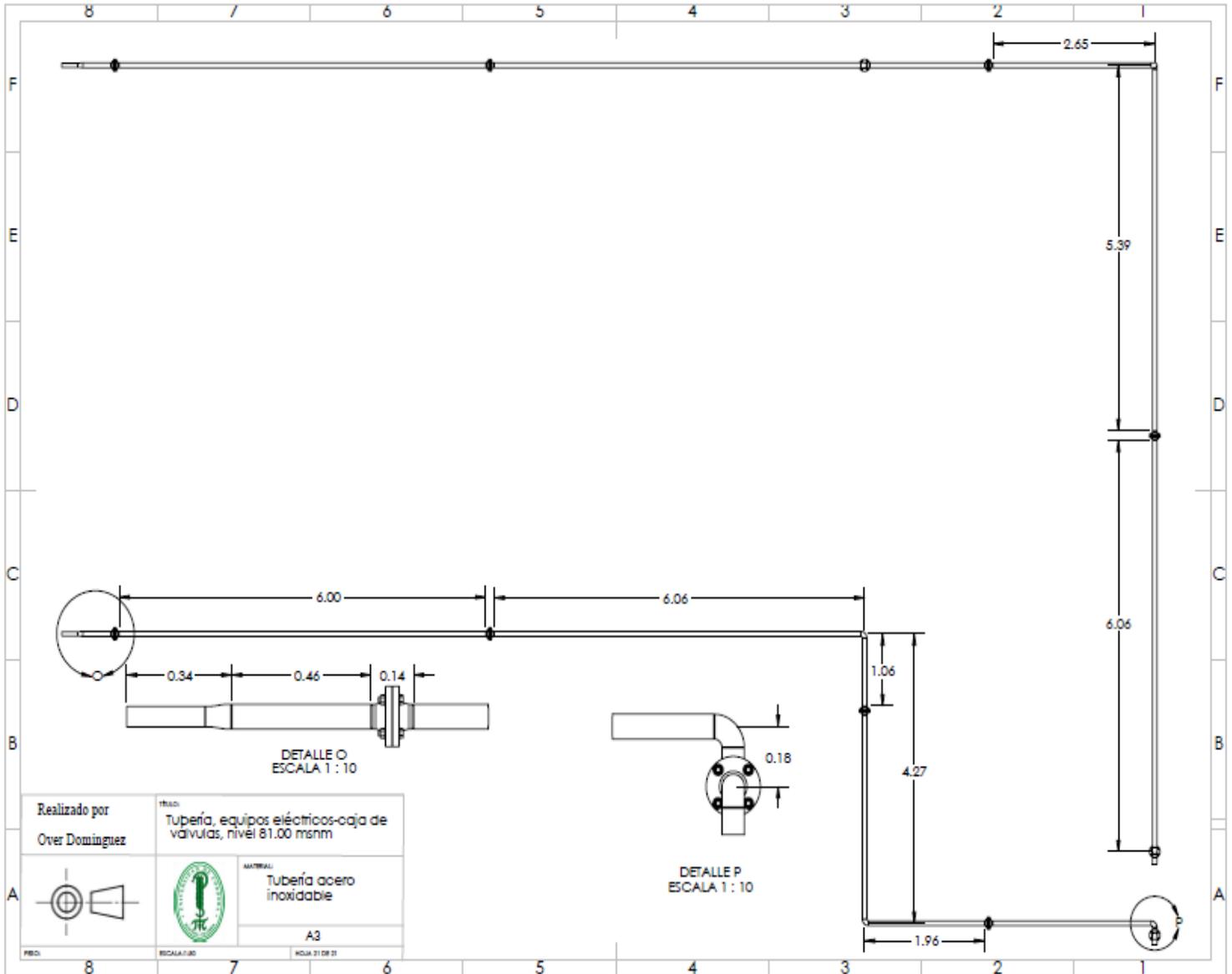
"VIGILADA MINEDUCACIÓN"

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL
Comité de Acreditación y Currículo Facultad de Ingenierías



acreditada
INSTITUCIONALMENTE
Res. MEN 2556 de 22 de marzo de 2019. Vigencia: 4 años



Certificado GP 134-1



Certificado SC 5278-1



Por una universidad con calidad, moderna e incluyente

Carrera 6ª. No. 76-103 Montería NIT. 891080031-3 - Teléfono: 7860300 - 7860920 www.unicordoba.edu.co