

**PRÁCTICA ACADÉMICA AUTOMATIZACION E INFORMATICA INDUSTRIAL  
SAS.**

**JEFERSSON SNEIDER PULIDO CONDIA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PROGRMA INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**BUCARAMANGA**

**2017**

**PRÁCTICA ACADÉMICA AUTOMATIZACION E INFORMATICA INDUSTRIAL  
SAS.**

**JEFERSSON SNEIDER PULIDO CONDIA**

**DIRECTOR: OSCAR EDUARDO RUEDA SANCHEZ**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**PROGRMA INGENIERÍA MECATRÓNICA**

**BUCARAMANGA**

**2017**

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer en primer lugar a Dios por darme la fortaleza para enfrentar y superar cada nuevo reto.

A mis padres que siempre me apoyaron en todas mis decisiones, brindándome sus consejos que me impulsan a seguir adelante. También quiero agradecer a toda mi familia que me ha apoyado incondicionalmente, un agradecimiento especial a mi tía Marisol Condia porque sin su ayuda no habría sido posible realizar y culminar mis prácticas académicas. En general agradezco a todas las personas que estuvieron involucradas ofreciéndome sus consejos y apoyo.

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN .....	7
2	OBJETIVOS.....	8
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	8
3	AUTOMATIZACION E INFORMATICA INDUSTRIAL S.A.S.....	9
3.1	MISION .....	9
3.2	VISIÓN.....	10
4	MARCO CONCEPTUAL.....	11
4.1	MICROSOFT EXCEL.....	11
4.2	MATLAB.....	12
4.3	VISUAL BASIC .....	13
4.4	RSLOGIX 5000 .....	14
4.5	DANIEL ORIFICE FLOW CALCULATOR.....	15
4.6	MEDIDORES DE CAUDAL .....	16
4.6.1	MODALIDADES DE MEDIDA DE CAUDAL .....	16
4.6.2	MEDIDORES DE PRESION DIFERENCIAL.....	16
4.6.2.1	PLACA DE ORIFICIO.....	16
5	ACTIVIDADES .....	20
5.1	COTIZACIONES DE EQUIPOS .....	20
5.1.1	TRANSMISION INALAMBRICA.....	20
5.1.1.1	Módulo radio - RAD-2400-IFS .....	21
5.1.1.2	Módulo de entradas análogas RAD-AI4-IFS.....	22
5.1.1.3	Módulo de salidas análogas RAD-AO4-IFS .....	22
5.1.1.4	Antena omnidireccional RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0 .....	23
5.1.2	SENSOR DE FLUJO .....	23
5.1.2.1	TROLEX TX5922 .....	23
5.1.3	CAJA ATEX .....	24

5.2	HOJA DE CALCULO PLACA DE ORIFICIO .....	26
5.2.1	CONCEPTOS TEORICOS .....	26
5.2.2	RESUMEN ISO 5167.....	29
5.2.2.1	PLACA ORIFICIO .....	30
5.2.2.2	TOMAS DE PRESION .....	32
5.2.3	CALCULOS .....	33
5.2.3.1	DATOS CONOCIDOS.....	33
5.2.3.2	DENSIDAD .....	34
5.2.3.3	CALCULOS ADICIONALES .....	35
5.2.3.4	CALCULO DEL DIAMETRO DE LA PLACA ORIFICIO.....	36
5.3	CAPACITACION BOMBAS SOLARES .....	40
6	BIBLIOGRAFIA.....	41
7	ANEXOS.....	42

## TABLA IMÁGENES

figura 1. Logo de la empresa Automatización e Informática Industrial S.A.S.....	9
figura 2. Imagen de una hoja de Excel .....	11
figura 3. Imagen de un programa en Matlab .....	12
figura 4. Imagen de un programa hecho en Visual.....	13
figura 5. Imagen de un programa hecho en Rslogix 5000.....	14
figura 6. Imagen de un cálculo hecho en Daniel orífice flow calculator.....	15
figura 7. Tipos de orificio.....	17
figura 8. Perfiles de orificio.....	17
figura 9. Perfil de presiones en una instalación con placa de orificio.....	18
figura 10. Tomas de presión.....	19
figura 11. Módulo de radio RAD-2400_IFS .....	21
figura 12. Módulo de entradas análogas RAD-AI4-IFS.....	22
figura 13. Módulo de salidas análogas RAD-AO4-IFS.....	22
figura 14. Antena RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0.....	23
figura 15. Sensor Trolex TX5922.....	24
figura 16. Boceto de la caja ATEX.....	25
figura 17. Fluido circulando a través de una restricción.....	27
figura 18. Tabla de cálculo de incógnitas.....	30
figura 19. Placa de orificio estándar .....	31
figura 20. Tomas de presión, (1) tomas en D y D/2, (2) tomas en las bridas.....	33
figura 21. Tabla de densidad.....	34
figura 22. Valor extrapolado.....	35
figura 23. Subdrive solar.....	40

**TABLA DE ANEXOS**

ANEXO A. COTIZACIÓN TRANSMISIÓN INALÁMBRICA .....	42
ANEXO B. COTIZACIÓN SENSOR DE FLUJO .....	43
ANEXO C. SOLUCIÓN PROPUESTA POR BARTEC .....	45
ANEXO D. COTIZACIÓN BARTEC .....	46
ANEXO E. COTIZACIÓN D.R ELECTRIC.....	48

# 1 INTRODUCCIÓN

En este documento se encontrará información acerca de la empresa Automatización e Informática Industrial S.A.S. Y de las actividades realizadas por el estudiante durante sus prácticas académicas.

Automatización e Informática Industrial S.A.S es una organización que presta servicios de ingeniería como consultoría, diseño y montaje de tableros de control, sistemas de potencia, control y automatización y servicios de ingeniería industrial. Las actividades realizadas por la empresa están especificadas dentro de su misión.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar funciones del cargo de Ingeniero de Proyectos en la empresa Automatización e Informática Industrial S.A.S

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Desarrollar un proyecto enfocado a la minería por medio de la creación de una propuesta de producto y la realización de un presupuesto basado en la gestión de cotizaciones.
- Elaborar una hoja de cálculo para determinar el diámetro interno de una platina orificio de acuerdo a datos de proceso en la medición de flujo de aire.

### 3 AUTOMATIZACION E INFORMATICA INDUSTRIAL S.A.S

figura 1. Logo de la empresa Automatización e Informática Industrial S.A.S



#### 3.1 MISION

Somos una organización de ingeniería, enfocada a ser un excelente soporte para nuestros clientes, supliendo sus necesidades en Diseño electrónico, eléctrico, hidráulico y mecánico; Instrumentación; Estudios electrónicos, eléctrico, hidráulico y mecánico; Ingeniería, Automatización y Control de Procesos; Mantenimiento, Suministro, Montaje, Instalación y Puesta en Marcha de Equipos; Software, Hardware e Informática; Obras Civiles Menores y afines a la Actividad; Diseño, Fabricación y Montaje de Estructuras Metálicas; Consultoría e Interventoría; Diseño, Fabricación, Dotación y Montajes de Tableros de Potencia; Control e Instrumentación.

Estas soluciones se desarrollan bajo estándares de calidad nacionales e internacionales seguidas de la implementación de ingeniería vanguardista e innovadora, suministrando tecnología de avanzada y brindando servicios de calidad, comprometidos con un mejoramiento continuo de nuestros servicios, permitiendo de esta manera optimizar y adaptar los procesos a los sistemas productivos para crear herramientas que permitan satisfacer las necesidades de nuestros clientes, adquiriendo un clima organizacional saludable respecto al trabajo seguro y medio ambiente que beneficie a nuestros colaboradores.

### 3.2 VISIÓN

Ser reconocidos en el año 2018 como una de las mejores organizaciones líderes en el sector, por la innovación, el servicio integral y la capacidad de afrontar los cambios del mercado nacional e Internacional, aprovechando las oportunidades; brindando asistencia a nuestros clientes con altos niveles de calidad, optimizando la prestación de nuestros servicios bajo el mejoramiento continuo de nuestros procesos y fortaleciendo la competencia del talento humano.

## 4 MARCO CONCEPTUAL

### 4.1 MICROSOFT EXCEL



Excel es un programa de hojas de cálculo de Microsoft Office system. Permite crear y aplicar formato a libros (un conjunto de hojas de cálculo) para analizar datos y tomar decisiones fundadas sobre aspectos de su negocio. Concretamente, se puede usar para hacer un seguimiento de datos, crear modelos para analizar datos, escribir fórmulas para realizar cálculos con dichos datos, dinamizar los datos de diversas maneras y presentarlos en una variedad de gráficos con aspecto profesional.

figura 2. Imagen de una hoja de Excel

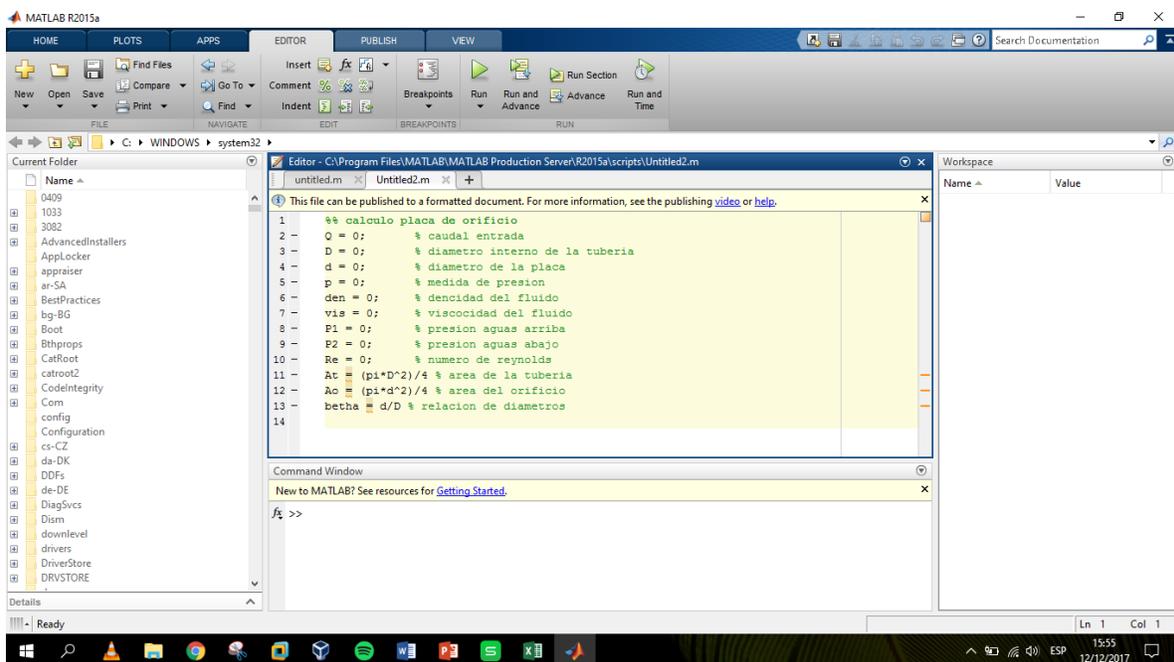
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
1	diametro de la tuberia			360	mm	m		0,36										
2	temperatura			420	°C	°k		693,15					deltaP	A2	X2	beta	A_2	
3	presion en el tubo			120	mbar	Pa		12000				Pa	496,8803717	0,111464231	0,183994375	0,1	0,0060603	
4	tipo de fluido			Aire													0,11	0,0073331
5	tipo de orificio			D & 1/2D taps													0,12	0,0087273
6	flujo nominal Qv			1580	nm³/h			0,438889	nm³/s								0,13	0,0102428
7																	0,14	0,0118798
8																	0,15	0,0136394
9	viscosidad dinamica del aire u					0,00003332	Pa.s										0,16	0,0155186
10	Area:					0,101787602	m²										0,17	0,0175207
11	Velocidad					4,311810873	m/s										0,18	0,0196447
12	Masa molecular					0,028966	kg/mol										0,19	0,0218908
13	R gases					8,3144598	Pa.m³/mol.K	R aire	287,0420424	pa.m³/kg.k			0,6641	densidad			0,2	0,0242594
14	Densidad					0,060312663	kg/m³						0,0006641000	gravedad especifica			0,21	0,0267506
15	Qv					0,438888889	nm³/h	Re_D	30937,89004								0,22	0,0293648
16	Beta					0,4253		delta_P	4,968803717	mbar_inicial							0,23	0,0321023
17	Viscosidad cinematica					5,01732E-05											0,24	0,0349636
18	Qm					0,291466111	kg/s	C	0,606								0,25	0,0379491
19	Coefficiente de descarga					0,605566842		epsilon	1								0,26	0,0410595
20	Factor de expansion					0,999763996											0,27	0,0442952
21	Diferencia de presion					496,8803717	Pa										0,28	0,0476570
22	Qm					0,48509075											0,29	0,0511457
23	A					0,341638364											0,3	0,0547622

## 4.2 MATLAB



MATLAB (abreviatura de MATrix LABoratory, "laboratorio de matrices") es una herramienta de software matemático que ofrece un entorno de desarrollo integrado (IDE) con un lenguaje de programación propio (lenguaje M). Está disponible para las plataformas Unix, Windows, Mac OS X y GNU/Linux.

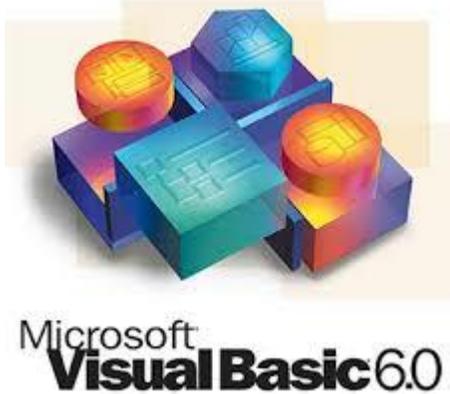
**figura 3. Imagen de un programa en Matlab**



Entre sus prestaciones básicas se hallan: la manipulación de matrices, la representación de datos y funciones, la implementación de algoritmos, la creación de interfaces de usuario (GUI) y la comunicación con programas en otros lenguajes y con otros dispositivos hardware. El paquete MATLAB dispone de dos herramientas adicionales que expanden sus prestaciones, a saber, Simulink (plataforma de simulación multidominio) y GUIDE (editor de interfaces de usuario - GUI). Además, se pueden ampliar las capacidades de MATLAB con las cajas de herramientas (toolboxes); y las de Simulink con los paquetes de bloques (blocksets).

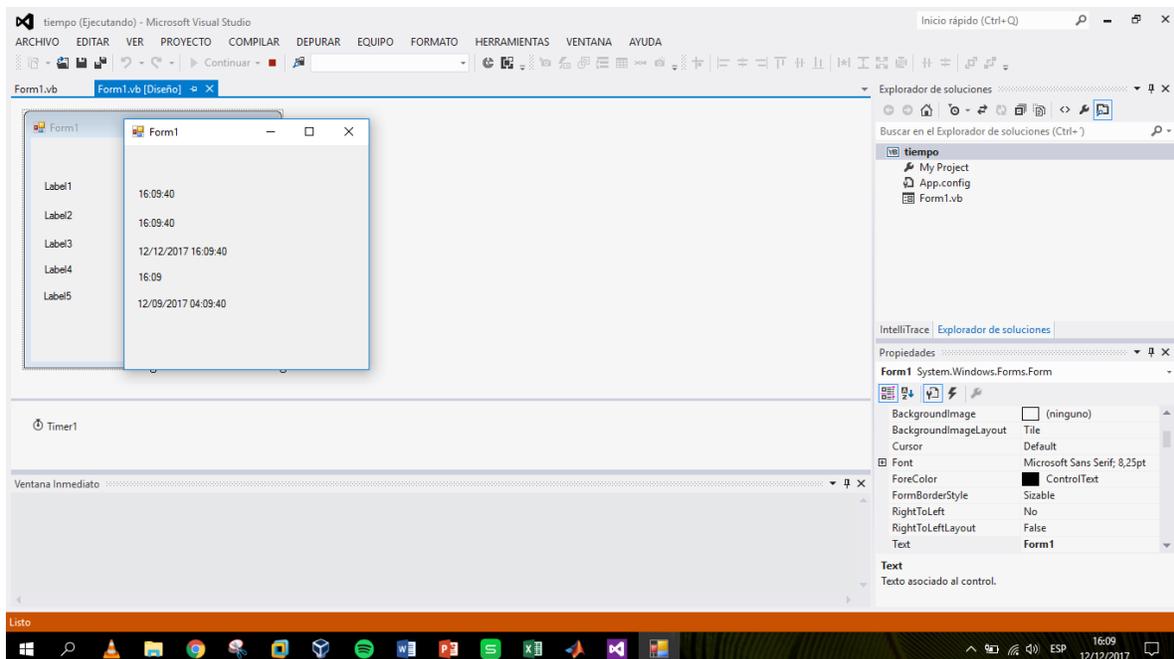
Es un software muy usado en universidades y centros de investigación y desarrollo. En los últimos años ha aumentado el número de prestaciones, como la de programar directamente procesadores digitales de señal o crear código VHDL.

### 4.3 VISUAL BASIC



Visual Basic Express es una manera rápida y sencilla de crear programas para Microsoft Windows.

**figura 4. Imagen de un programa hecho en Visual**



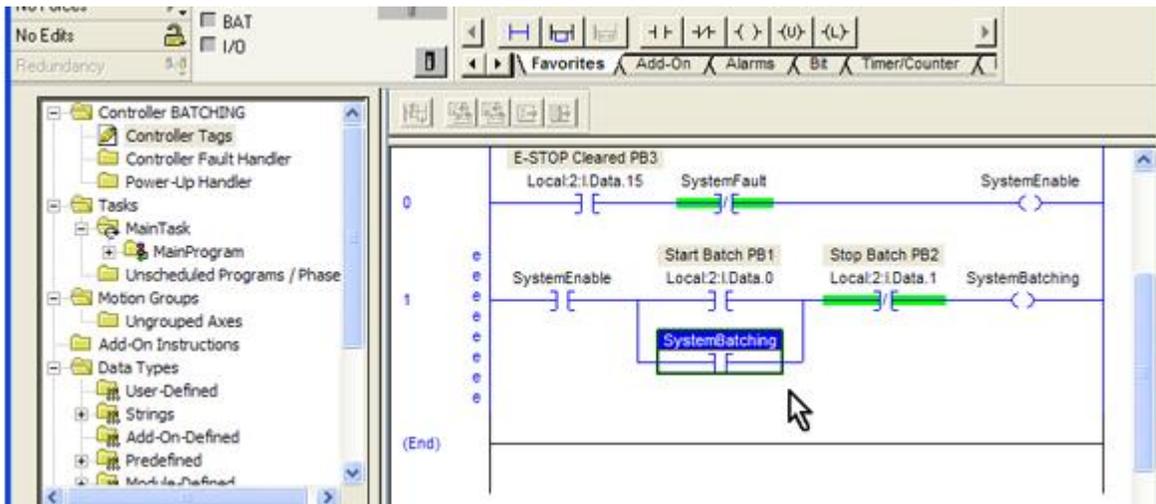
"Visual" hace referencia al método utilizado para crear lo que ve el usuario, la interfaz gráfica de usuario o GUI. "Basic" hace referencia al lenguaje de programación BASIC, de Beginners All-Purpose Symbolic Instruction Code (Código de Instrucción Simbólico Todo Propósito para Principiantes), un lenguaje utilizado por más programadores que cualquier otro lenguaje en la historia de la informática. Puede crear programas útiles sólo con aprender algunas de sus características. Los vínculos siguientes le servirán para empezar a programar en Visual Basic; cada vínculo incluye ejemplos, así como acceso a información adicional.

## 4.4 RSLOGIX 5000

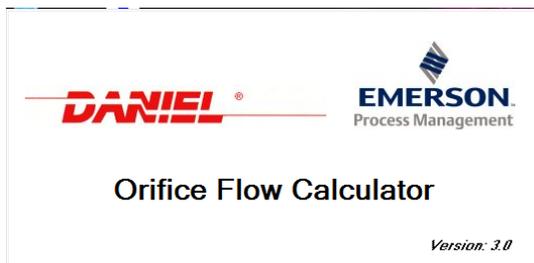


El software RSLogix 5000 está diseñado para programar controladores de la familia Logix 5000 y para la plataforma logix de Rockwell Automation. Utiliza varios tipos de lenguaje de programación como Escalera (Ladder), Bloques de funciones (Functions blocks), texto estructurado (structured text) y esquemas de funciones secuenciales (Sequential Function Chart).

figura 5. Imagen de un programa hecho en Rslogix 5000



#### 4.5 DANIEL ORIFICE FLOW CALCULATOR



Es una herramienta fácil de usar para ayudar al dimensionar el medidor de flujo y el tamaño del orificio. Usa la ecuación ASME MFC-3M 1989 para determinar la tasa de flujo de fluido para tubos de 2 "y mayores. Para un conjunto dado de variables de entrada, el programa calculara la relación de diámetros aproximados típicamente dentro del 2% - 5%, y 1% para líquidos, la presión diferencial y la cantidad de flujo. La calculadora de flujo de orificio se proporciona únicamente con fines de estimación.

La interfaz del programa proporciona campos para ingresar la temperatura y presión de operación, la gravedad específica de la base, el tamaño de la tubería y la ID, la tasa de flujo y el tipo y la presión diferencial.

**figura 6. Imagen de un cálculo hecho en Daniel orifice flow calculator.**

## 4.6 MEDIDORES DE CAUDAL

El caudal puede ser caudal volumétrico (número de volúmenes de fluido que pasa por unidad de tiempo), y caudal másico (número de unidades de masa de fluido que pasan por unidad de tiempo).

### 4.6.1 MODALIDADES DE MEDIDA DE CAUDAL

Existen dos modalidades de medidas de caudal:

- En canales abiertos.
- En canales cerrados: consiste en la determinación de la cantidad de masa o volumen que circula por una conducción por unidad de tiempo.

Los instrumentos encargados de realizar la medida de un caudal se denominan habitualmente **caudalímetros** o **medidores de caudal**.

### 4.6.2 MEDIDORES DE PRESION DIFERENCIAL

Un medidor completo de presión diferencial comprende dos dispositivos separados, los cuales actúan en conjunto para medir el caudal. Estos dispositivos se denominan:

- Dispositivo primario: se sitúa en la tubería y detecta la presión diferencial.
- Dispositivo secundario: recibe las señales detectadas por el dispositivo primario en el proceso, a través de las líneas de detección, y a su vez genera una señal de salida equivalente a la presión diferencial detectada.

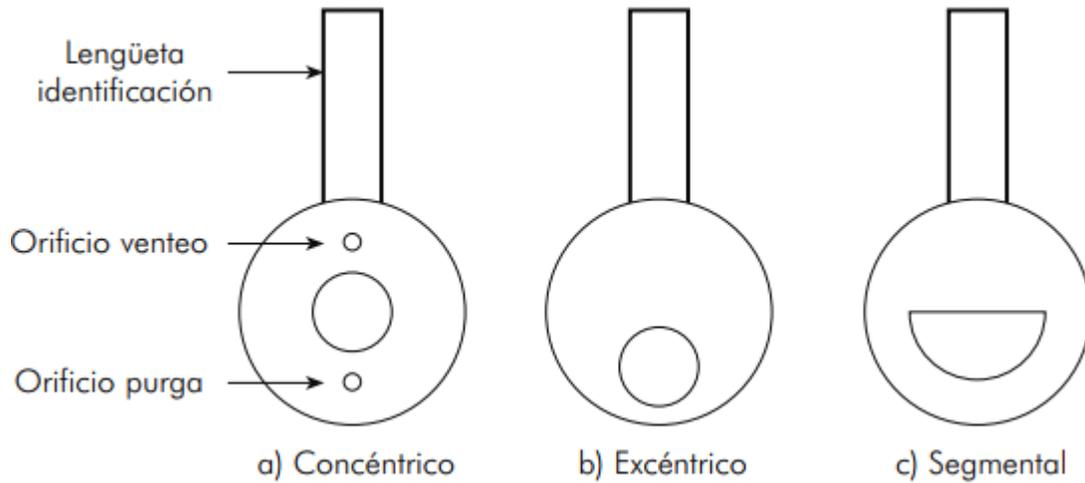
Los dispositivos primarios más utilizados en la industria son:

- Placa de orificio.
- Tobera.
- Tubo Pitot.
- Tubo Venturi.
- Codo.

#### 4.6.2.1 PLACA DE ORIFICIO

La placa con orificio es la forma más frecuente de restricción que se utiliza para la medida de caudal. Básicamente, una placa con orificio es una placa metálica perforada que se instala en una tubería. El orificio de la placa, como se observa en la figura 7, puede ser concéntrico, excéntrico o segmental.

**figura 7. Tipos de orificio.**



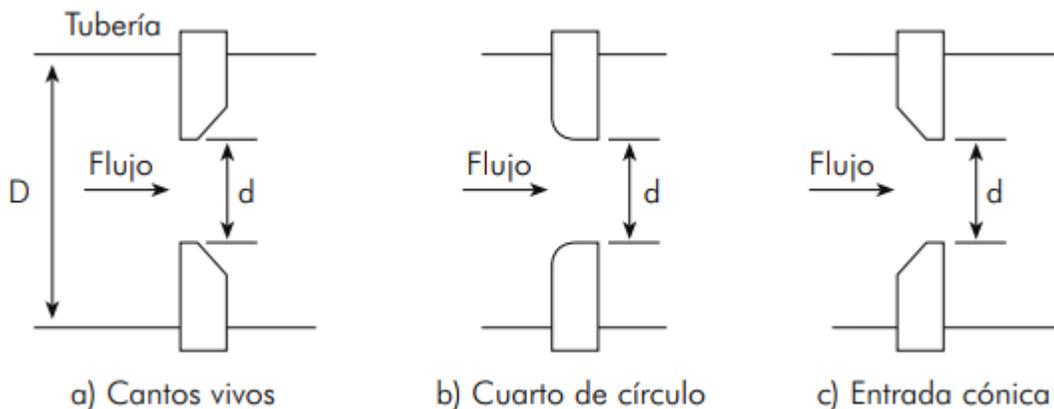
Con objeto de evitar arrastres de sólidos o gases que pueda llevar el fluido, la placa incorpora, habitualmente, un pequeño orificio de purga en la parte superior para el flujo de líquido, y en la parte inferior, para el flujo de gas o vapor.

El espesor de la placa orificio puede variar del orden de 3mm a 12mm, dependiendo del tamaño de la tubería y de la velocidad del fluido.

El material utilizado para la mayoría de los servicios es de acero inoxidable, aunque se puede utilizar otro tipo de materiales para servicios especiales.

Entre los diversos perfiles de orificio que se emplean, destacan, según se muestra en la figura 8, los siguientes: cantos vivos, cuarto de círculo y de entrada cónica.

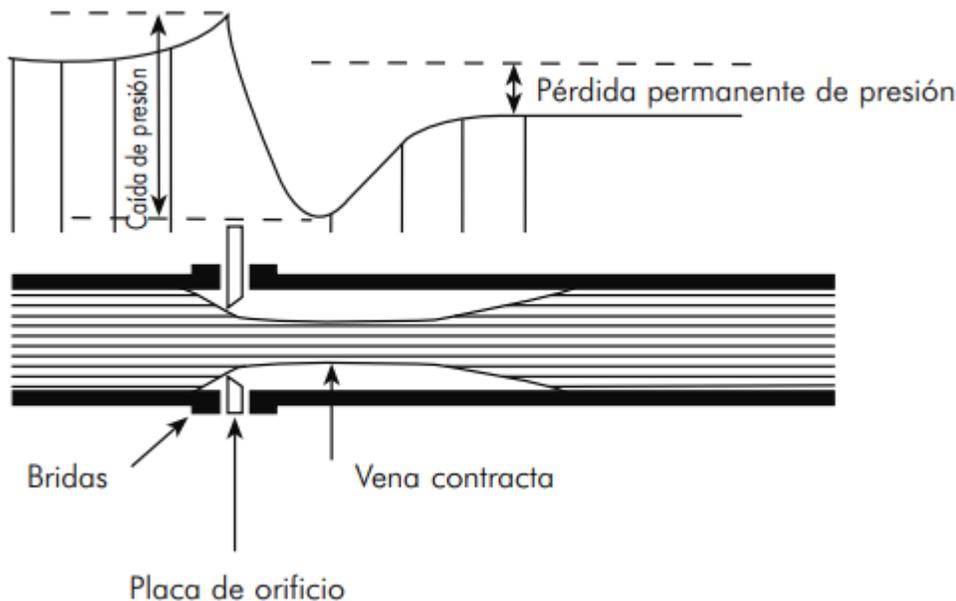
**figura 8. Perfiles de orificio.**



El más utilizado es el perfil de cantos vivos.

Cuando se instala una placa con orificio, generalmente acoplada entre una pareja de bridas, en una tubería por la que circula un fluido, aumenta ligeramente la presión estática aguas arriba del orificio, debido al efecto de contrapresión, y cuando pasa por el orificio disminuye bruscamente, alcanzando un mínimo denominado vena contraída, donde la velocidad del flujo está en un máximo. Más alejado de este punto, la presión estática comienza a recuperarse y el flujo disminuye su velocidad. En la figura 9, se muestra el perfil de presiones del fluido al circular en una tubería en la que se ha instalado una placa con orificio.

**figura 9. Perfil de presiones en una instalación con placa de orificio.**



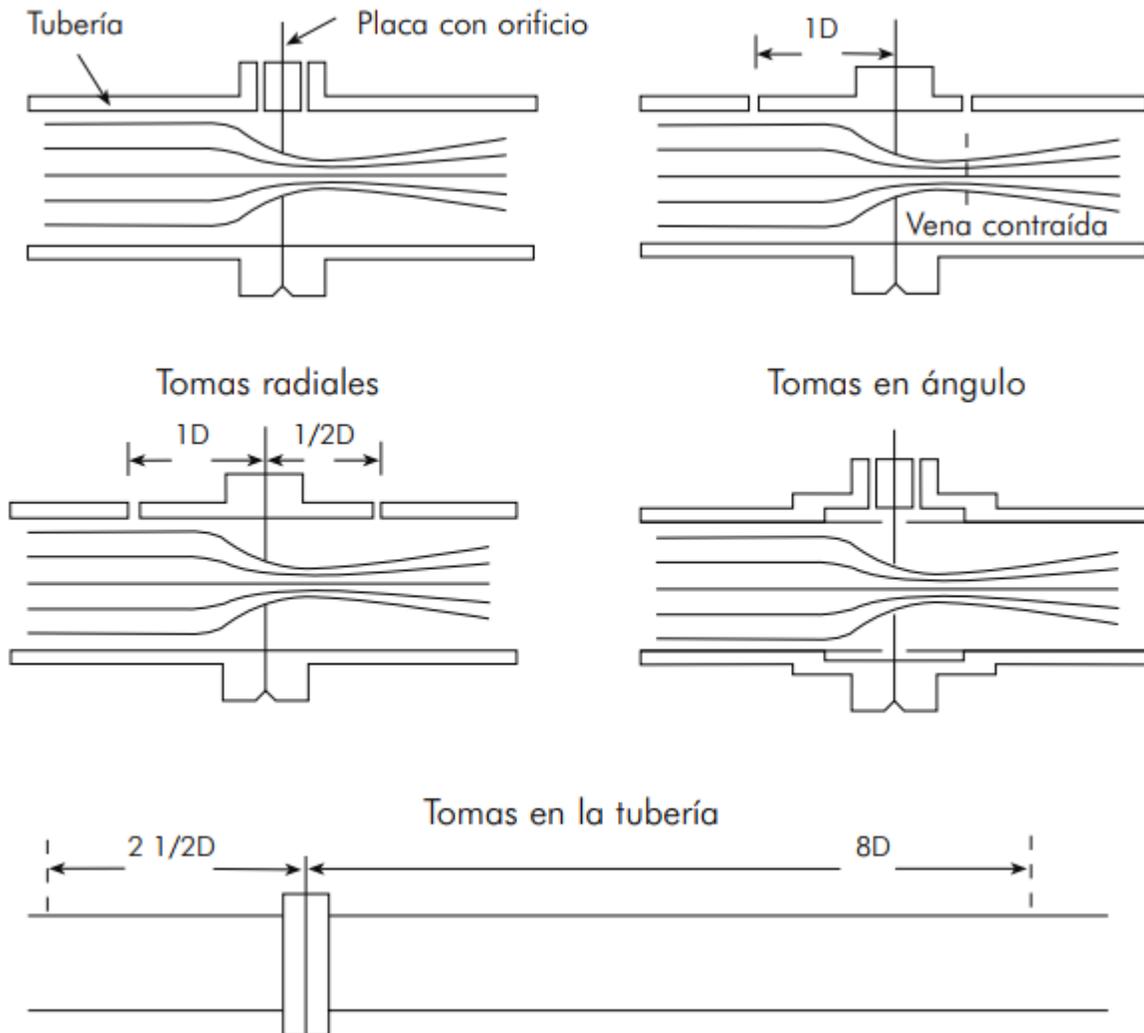
La situación de las tomas de presión puede ser:

- **En las bridas:** son las más usuales para medidores de tipo orificio en grandes tuberías. Las bridas pueden fabricarse con los orificios de toma de presión previamente taladrados y acabados, antes de que la brida sea soldada a la tubería, lo que hace en esta configuración muy asequibles las tomas de presión.
- **En la vena contraída:** ofrecen la mayor presión diferencial para cualquier caudal dado, pero requieren cálculos precisos para emplazar correctamente la posición de la toma aguas abajo de la placa, que debe situarse en el punto de mínima presión, donde la vena contraída alcanza su menor diámetro.
- **Radiales:** son una aproximación de las tomas en la vena contraída para grandes tamaños de tubería (medio diámetro de tubería aguas abajo para la ubicación de la toma de baja presión).
- **En ángulo:** han de utilizarse en tuberías de pequeño diámetro, donde la vena contraída queda tan próxima a la cara aguas abajo de la placa de orificio que una

toma aguas abajo de la brida detectará la presión en la zona muy turbulenta (demasiado lejos aguas abajo).

- **En la tubería:** se sitúan a dos y medio y ocho diámetros aguas arriba y aguas abajo de la placa con orificio, lo que da más espacio a la corriente de flujo para estabilizarse y así tener indicaciones de la presión más acordes [1].

**figura 10. Tomas de presión.**



## 5 ACTIVIDADES

Como actividad principal se me encargo realizar una hoja de cálculo para realizar el dimensionamiento de una placa de orificio, adicionalmente a esto se llevaron a cabo diferentes tareas, como, apoyo en las cotizaciones de equipos e instrumentación.

### 5.1 COTIZACIONES DE EQUIPOS

Una vez recibida la inducción a la empresa por parte de la supervisora HSE, se me encargo colaborar en las cotizaciones de equipos e instrumentación.

En los días siguientes a mi llegada a la empresa se le encargo a un ingeniero de proyectos realizar la cotización de unos equipos y la instrumentación necesaria para llevar a cabo un proyecto para una mina de carbón.

El proyecto consistía en realizar el suministro de aire a una mina de carbón y llevar el control del flujo de aire dentro del socavón en donde se encontraban los trabajadores de la mina. Para esto se me encargo realizar la cotización de diferentes equipos, los cuales fueron

- Equipos para comunicación inalámbrica dentro de la mina, con ellos se pretendía realizar el envío y recepción de datos arrojados por los sensores.
- Sensor de medida de flujo de aire, con el cual se llevaba el control del flujo de aire dentro de la tubería y dentro del socavón.
- Caja ATEX, en la cual estarían dispuestos los equipos de transmisión inalámbricos y el sensor de medida de flujo.

#### 5.1.1 TRANSMISION INALAMBRICA

Se necesitaba un equipo que fuera capaz de transmitir inalámbricamente señales de 4-20mA, adicionalmente a eso el equipo tenía que contar con aprobación para atmosferas explosivas, ya que, el lugar de trabajo del equipo seria en el interior de la mina.

Una vez establecidas las necesidades se realizó la búsqueda del equipo se cumpliera con todos los requerimientos, al realizar la búsqueda se hizo el contacto con la empresa PHOENIX CONTACT que dentro de su catálogo tenían un equipo que cumplía con todos los requerimientos, ver la cotización ANEXO A.

Dentro de la familia radioline de Phoenix contact se encontró el equipo adecuado para cumplir con los requerimientos:

- Módulo de radio
- Módulo de entradas análogas
- Módulo de salidas análogas
- Antena omnidireccional

#### 5.1.1.1 Módulo radio - RAD-2400-IFS

**figura 11. Módulo de radio RAD-2400\_IFS**



Radioline: transceptor de radio de 2,4 GHz con interfaz RS-232/485, ampliable con módulos de E/S, conexión de antena RSMA (hembra), redes punto a punto, en estrella y enmalladas hasta 250 estaciones, alcance hasta 5 km (con buena visibilidad).

Radioline es el nuevo sistema de radio para instalaciones extensas. Lo especial es que, con solo un giro en la rueda selectora, puede asignar salidas y entradas fácilmente, sin programación. Radioline no solo transmite señales de E/S (modo E/S) sino también datos serie (modo de serie), lo que lo hace muy versátil. También se pueden enlazar señales de E/S directamente por protocolo Modbus a sistemas de mando.

Además, puede realizar diversas estructuras de red: desde una simple conexión punto a punto hasta complejas redes Mesh. Gracias a la reciente tecnología de radio TrustedWireless, Radioline es la mejor opción para el uso industrial.

### 5.1.1.2 Módulo de entradas análogas RAD-AI4-IFS

**figura 12. Módulo de entradas análogas RAD-AI4-IFS**



El módulo de extensión RAD-AI4-IFS I/O se puede usar en conjunto con módulos inalámbricos Radioline y otros dispositivos maestros del Sistema de Interfaz (IFS). En una estructura de estación, se pueden conectar hasta 32 módulos de extensión de I/O a un módulo inalámbrico a través del conector del riel DIN.

El módulo de ampliación de I/O analógicas RAD-AI4-IFS se utiliza para procesar cuatro señales de entrada.

### 5.1.1.3 Módulo de salidas análogas RAD-AO4-IFS

**figura 13. Módulo de salidas análogas RAD-AO4-IFS**



El módulo de extensión RAD-AI4-IFS I/O se puede usar en conjunto con módulos inalámbricos Radioline y otros dispositivos maestros del Sistema de Interfaz (IFS). En una

estructura de estación, se pueden conectar hasta 32 módulos de extensión de I/O a un módulo inalámbrico a través del conector del riel DIN.

El módulo de ampliación de I/O analógicas RAD-AI4-IFS se utiliza para procesar cuatro señales de salida.

#### 5.1.1.4 Antena omnidireccional RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0

**figura 14. Antena RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0**



Antena omnidireccional, 2,4 GHz, ganancia: 6 dBi, polarización: lineal, ángulo de apertura: h/v 360°/30°, índice de protección: IP67, resistente al agua de mar, conexión: N (hembra), incl. soporte de montaje y abrazaderas de mástil, homologación ATEX e IECEx.

#### 5.1.2 SENSOR DE FLUJO

Las velocidades del aire dentro de la tubería y dentro del socavón eran de 0-30 m/s y 0-10 m/s respectivamente, para realizar la medición de la velocidad del aire se necesitaba un sensor de flujo que no tuviera partes móviles, ya que, el sensor sería ubicado al interior de la mina en donde hay presencia de gases y cualquier tipo de chispa puede desencadenar una explosión.

Teniendo esto en cuenta se optó por cotizar un sensor de flujo por dispersión térmica, que consiste en, dos sensores separados RTD, un RTD es la referencia y mide la temperatura del fluido y un segundo RTD que se auto calienta con una potencia constante, generando una diferencia de temperatura entre ambos.

##### 5.1.2.1 TROLEX TX5922

**figura 15. Sensor Trolex TX5922.**



Este sensor cumple todos los requerimientos, ya que el sistema de medida es por dispersión térmica, por lo que no tiene partes móviles. El rango de medida está entre 0,5 - 30m, con una señal de salida de 4 – 20mA, además cuenta con certificación ATEX para atmosferas explosivas, ver cotización en el ANEXO B.

### 5.1.3 CAJA ATEX

Debido a que la atmosfera de trabajo tiene presencia de gases propensos a explosión, se necesita montar los sensores y el transmisor dentro de una caja con aprobación para trabajo en atmosferas explosivas ATEX zona 1 grupo 1.

Se clasifica por zonas la atmosfera explosiva para determinar el nivel de seguridad necesario para evitar las fuentes de inflamación y para realizar una selección correcta del material eléctrico y no-eléctrico instalado en ambientes explosivo de gas y vapores.

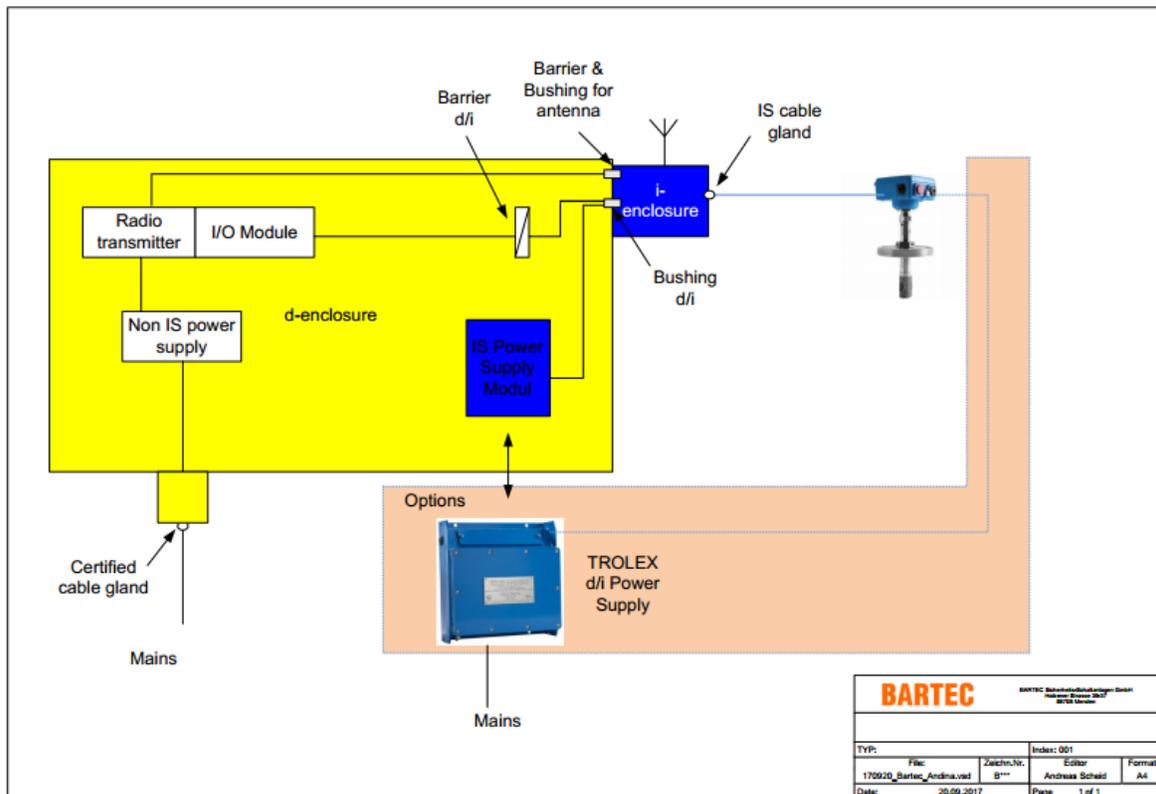
- Zona 1: Un lugar en el cual una atmósfera explosiva que consiste en una mezcla con aire de sustancias peligrosas en forma de gas, vapor o neblina es probable que ocurra en condiciones normales de trabajo.
- Grupo 1: Para trabajos en minas o en las instalaciones exteriores donde se puedan producir atmósferas explosivas.

Lo que se necesitaba era una caja en la cual se pudiera instalar el módulo de transmisión de señal, los módulos de entradas y salidas análogas, la antena omnidireccional, el sensor de

flujo y la fuente de alimentación para estos equipos. La solución se cotizó en diferentes empresas con el fin de encontrar la opción óptima.

Se hizo la cotización con la empresa BARTEC la cual nos brindó una solución correspondiente a nuestras necesidades, la empresa envió un boceto preliminar como se puede observar en la figura 16.

**figura 16. Boceto de la caja ATEX**



En el boceto se sugiere utilizar dos fuentes de alimentación, ya que es necesario que la fuente de alimentación sea intrínsecamente segura ya que se va a instalar en atmósferas explosivas.

Una vez hechas discutidos los cambios se procede a realizar la cotización de la solución, la empresa envió dos cotizaciones, una en la cual la empresa proporcionaba todos los equipos necesarios a excepción del sensor Trolex y otra en la cual ellos solo suministraban la caja ATEX zona 1 grupo 1.

Por otro lado, también se cotizó con la empresa D.R ELECTRIC con quienes enviaron una cotización en la cual ellos proporcionaban la caja según nuestras especificaciones. Esta empresa no proporcionaba el certificado en el cual se estipulará que todo el conjunto era apto para trabajos en atmósferas explosivas ATEX zona 1 grupo 1.

La empresa propuso realizar la certificación por medio de un ente avalado por la ONAC (organismo nacional de acreditación de Colombia), en donde a la caja se le realizarían pruebas de laboratorio para obtener las certificaciones de conformidad.

Se evaluaron las dos cotizaciones y se llegó a la siguiente conclusión:

- La solución propuesta por la empresa BARTEC era una solución demasiado costosa y excedía los costos de realización del proyecto, ver cotización en el ANEXO D.
- La solución propuesta por la empresa D.R ELECTRIC se ajustaba al presupuesto, pero no ofrecía el certificado para trabajo en atmosferas explosivas que se solicitaba y al realizar la certificación por medio de un ente certificador los costos se elevaban ya que era necesario fabricar cajas de prueba para obtener la certificación y aun así no era seguro obtenerla, ver cotización en el ANEXO E.

Teniendo en cuenta lo anterior la empresa cliente decidió no llevar a cabo el proyecto.

## 5.2 HOJA DE CALCULO PLACA DE ORIFICIO

Días después de mi ingreso a la empresa se me encargo como actividad principal de la práctica, desarrollar una hoja de cálculo que permitiera dimensionar una placa de orificio para medir flujo.

Para desarrollar esta actividad fue necesario documentarme sobre el tema, investigar sobre placas de orificio y su funcionamiento, también sobre fluidos en tuberías y los cálculos respectivos. La hoja de cálculo está basada en la norma ISO 5167-1 la cual habla de cómo medir flujo por medio de medidores de presión diferencial y la norma ISO 5167-2 la cual habla específicamente de placas de orificio para medir flujo.

### 5.2.1 CONCEPTOS TEORICOS

Se considera un fluido circulando horizontalmente atreves de un estrechamiento como se muestra en la figura17, y se aplica Bernoulli entre los planos 1 y 2, se obtiene:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

Donde:

$P_1$ : presión en el plano 1

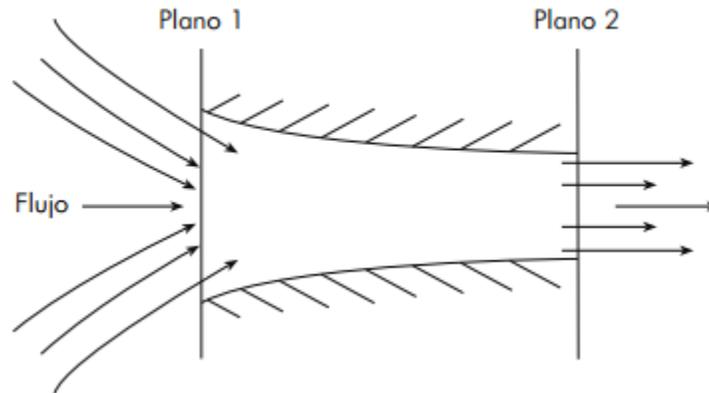
$P_2$ : presión en el plano 2

$\rho$ : densidad másica del fluido.

$v_1$ : velocidad media en el plano 1

$v_2$ : velocidad media en el plano 2

**figura 17. Fluido circulando a través de una restricción.**



Teniendo en cuenta la ecuación de continuidad, y suponiendo que el flujo es incompresible:

$$q_v = A_1 v_1 = A_2 v_2$$

Donde  $A_1$  y  $A_2$  son las áreas de las secciones transversales (tubería y placa de orificio), y  $q_v$  es el caudal volumétrico.

$$\frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{d}{D}\right)^2 = \beta^2$$

Donde  $d$  es el diámetro de la sección transversal en el plano 2, y  $D$  es el diámetro de la sección transversal en el plano 1 [2].

### Densidad y Gravedad específica

La densidad se define como masa por unidad de volumen

$$\rho = \frac{m}{v} \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

En general, la densidad de una sustancia depende de la temperatura y de la presión. La densidad de la mayoría de gases es proporcional a la presión e inversamente proporcional a la temperatura.

A veces, la densidad de una sustancia se da en relación con la densidad de una sustancia conocida plenamente; entonces se le llama **gravedad específica** o **densidad relativa**, y se define como la razón de la densidad de una sustancia a la densidad de alguna sustancia estándar, a una temperatura especificada (por lo general, agua a 4°C, para la cual  $\rho_{H_2O} = 1000 \text{ Kg}/\text{m}^3$ ).

$$GE = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$$

Nótese que la gravedad específica de una sustancia es una cantidad adimensional.

### Densidad de los gases ideales

Cualquier ecuación que relacione la presión, la temperatura y la densidad de una sustancia es llamada ecuación de estado. La ecuación de estado más sencilla y conocida para las sustancias en fase gaseosa es la ecuación de estado del gas ideal.

$$P = \rho RT$$

En donde  $P$  es la presión absoluta,  $T$  es la temperatura absoluta,  $\rho$  es la densidad y  $R$  es la constante del gas. Esta constante  $R$  es diferente para cada gas y se determina a partir de:

$$R = R_u/M_m$$

En donde  $R_u$  es la constante universal de los gases cuyo valor es  $R_u = 8,314 \text{ [Pa.m}^3/\text{mol.K]}$ , y  $M_m$  es la masa molar del gas.

### Viscosidad

Cuando dos cuerpos sólidos en contacto se mueven uno con respecto al otro, se crea una fuerza de fricción en la superficie de contacto en la dirección opuesta al movimiento. La situación es semejante cuando un fluido se mueve con respecto a un sólido o cuando dos fluidos se mueven uno con respecto al otro, en pocas palabras es la resistencia que tiene un fluido al movimiento.

- Viscosidad dinámica [ $\mu$ ]: es la relación entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad, sus dimensiones son [ $P_a.s$ ]
- Viscosidad cinemática [ $\nu$ ]: es la razón de la viscosidad dinámica a la densidad, se expresa como  $\nu = \mu/\rho$ , sus dimensiones son [ $m^2/s$ ].

En general la viscosidad de un fluido depende tanto de la temperatura como de la presión, aun cuando la dependencia respecto a la presión es más bien débil. La viscosidad dinámica no depende de la presión, pero la viscosidad cinemática si depende de esta.

### 5.2.2 RESUMEN ISO 5167

Esta norma se refiere a la medición de flujo con instrumentos de reducción de área.

Según la norma el flujo másico de cualquier fluido se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{C\varepsilon}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi}{4} d^2 \sqrt{2\Delta P \rho_1}$$

Donde:

- $C$  es el coeficiente de descarga que depende del elemento primario (placa de orificio) y de las condiciones del flujo.
- $\varepsilon$  es el coeficiente de expansión, que toma en cuenta la compresibilidad del fluido.

El cálculo del flujo volumétrico se realiza mediante la expresión:

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho}$$

Donde  $\rho$  es la densidad del fluido en las condiciones en que se realiza la medición.

Adicionalmente por lo general se requiere el número de Reynolds, que se obtiene con la expresión:

$$Re_D = \frac{V_1 D}{\nu_1} = \frac{4Q_m}{\pi \mu_1 D}$$

$$Re_d = \frac{Re_D}{\beta}$$

Donde  $Re_D$  es el número de Reynolds referido al flujo en la tubería y  $Re_d$  es el número de Reynolds referido al flujo en el orificio.

Debido a que en la mayoría de los casos el coeficiente de descarga y el coeficiente de expansión dependen del flujo a través del número de Reynolds, se requiere por lo general un proceso iterativo para el cálculo de las incógnitas en cada problema:

- El cálculo directo del caudal  $Q_m$  o  $Q_v$  para un instrumento ya instalado.
- El cálculo del diámetro de contracción  $d$ , cuando se requiere diseñar un instrumento a ser instalado.
- El cálculo de la diferencia de presión  $\Delta P$  para la selección del medidor de presión diferencial a instalar.

- El cálculo del diámetro de la tubería  $D$  cuando se quiere saber en qué tubería se puede instalar un instrumento existente.

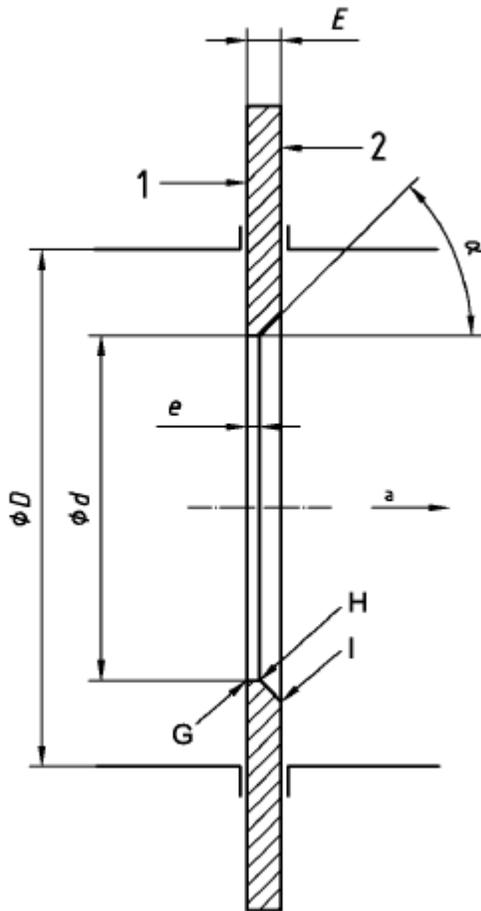
figura 18. Tabla de cálculo de incógnitas.

Problema	$q =$	$d =$	$\Delta p =$	$D =$
Valores conocidos	$\mu, \rho, D, d, \Delta p$	$\mu, \rho, D, q, \Delta p$	$\mu, \rho, D, d, q$	$\mu, \rho, \beta, q, \Delta p$
Calcular	$q_m$ y $q_v$	$d$ y $\beta$	$\Delta p$	$D$ y $d$
Término invariante	$A_1 = \frac{\varepsilon d^2 \sqrt{2\Delta p \rho_1}}{\mu_1 D \sqrt{1-\beta^4}}$	$A_2 = \frac{\mu_1 \text{Re}(D)}{D \sqrt{2\Delta p \rho_1}}$	$A_3 = \frac{8(1-\beta^4)}{\rho_1} \left( \frac{q_m}{C\pi d^2} \right)^2$	$A_4 = \frac{4\varepsilon\beta^2 q_m \sqrt{2\Delta p \rho_1}}{\pi \mu_1^2 \sqrt{1-\beta^4}}$
Ecuación de iteración	$\frac{\text{Re}(D)}{C} = A_1$	$\frac{C\varepsilon\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = A_2$	$\frac{\Delta p}{\varepsilon^{-2}} = A_3$	$\frac{\text{Re}(D)^2}{C} = A_4$
Variable $X$ En algoritmo	$X_1 = \text{Re}(D) = CA_1$	$X_2 = \frac{\beta^2}{\sqrt{1-\beta^4}} = \frac{A_2}{C\varepsilon}$	$X_3 = \Delta p = \varepsilon^{-2} A_3$	$X_4 = \text{Re}(D) = \sqrt{CA_4}$
Criterio de precisión no determinada el usuario	$\left  \frac{A_1 - X_1}{C} \right  < 1 \times 10^{-n}$	$\left  \frac{A_2 - X_2 C \varepsilon}{A_2} \right  < 1 \times 10^{-n}$	$\left  \frac{A_3 - \frac{X_3}{\varepsilon^{-2}}}{A_3} \right  < 1 \times 10^{-n}$	$\left  \frac{A_4 - \frac{X_4^2}{C}}{A_4} \right  < 1 \times 10^{-n}$
Valor en primera iteración	$C = C_\infty$	$C = 0.606$ Placa orificio $C = 1$ otro elemento $\varepsilon = 0.97$ ó $1$	$\varepsilon = 1$	$C = C_\infty$ $D = \infty$ Tomas en brida
Resultado	$q_m = \frac{\pi}{4} \mu_1 D X_1$ $q_v = \frac{q_m}{\rho_1}$	$d = D \left( \frac{X_2^2}{1 + X_2^2} \right)^{0.25}$ $\beta = \frac{d}{D}$	$\Delta p = X_3$ Para liquido $\Delta p$ se obtiene en primera iteración	$D = \frac{4q_m}{\pi \mu_1 X_4}$ $d = \beta D$

### 5.2.2.1 PLACA ORIFICIO

Consiste en una placa metálica delgada que se perfora en el centro y se instala en la tubería. Se hacen luego dos tomas de presión, una aguas arriba y otra aguas abajo de la placa, captando así la presión diferencial que es proporcional al caudal.

figura 19. Placa de orificio estándar



Donde:

1 cara aguas arriba del flujo.

2 cara aguas abajo del flujo.

$a$  dirección del flujo

$\alpha$  ángulo del chaflán que permite disminuir las pérdidas por fricción entre el fluido y la pared de la placa, su valor debe ser de aproximadamente  $45 \pm 15^\circ$ .

$e$  espesor de la cara de la placa en contacto con el fluido. Su valor debe estar comprendido entre  $0,005D$  y  $0,02D$ .

$E$  espesor de la placa, su valor debe estar comprendido entre  $e$  y  $0,05D$ .

$\phi D$  diámetro de la tubería.

$\varnothing d$  diámetro del orificio de la placa, su valor debe ser en todo caso superior a 12,5 mm. La relación de diámetro  $\beta = d/D$  debe estar comprendida entre 0,1 y 0,75.

$G$  chaflan de contacto con un radio inferior a  $0,0004d$ .

$H$  e  $I$  chaflanes de salida.

### 5.2.2.2 TOMAS DE PRESION

Las tomas de presión se hacen antes (aguas arriba) para la toma de alta presión y después de la placa (aguas abajo) para la toma de baja presión. A través de estas se puede medir la presión diferencial que permite obtener el flujo.

Existen diversas formas de hacer la toma de presión, la norma ISO 5167 considera solo tres de ellas a saber:

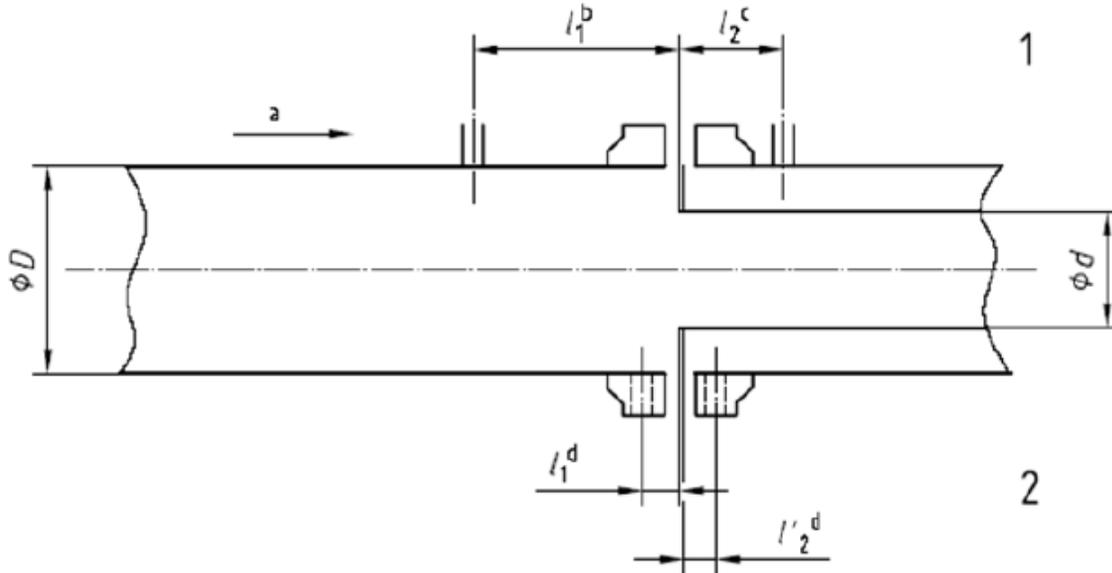
- Tomas en  $D$  y  $D/2$ :

Las tomas se hacen en la tubería a unas distancias fijas de  $1D$  antes de la placa de orificio y  $D/2$  después de la placa de orificio, como se muestra en la figura 20. Existe sin embargo una tolerancia de  $0,9D$  a  $1,1D$  para la toma aguas arriba, de  $0,48D$  a  $0,52D$  para la toma aguas abajo si  $\beta \leq 0,6$  y de  $0,49D$  a  $0,51D$  si  $\beta > 0,6$ .

- Tomas en las bridas

Se usan con más frecuencia porque es una de las configuraciones más simples y no es necesario perforar la tubería. La toma de alta presión (H) se localiza a 1 pulgada (25,4 mm) antes de la placa y la toma de baja presión (L) 1 pulgada (25,4 mm) después de la placa, como se muestra en la figura 20, con una tolerancia de  $\pm 0,5$  mm cuando  $\beta > 0,6$  y  $D < 150$  mm y de  $\pm 1$  mm en otros casos.

figura 20. Tomas de presión, (1) tomas en D y D/2, (2) tomas en las bridas.



- Tomas en las esquinas de la placa

En este caso las tomas de presión se hacen directamente en el borde de la placa perforando la brida.

### 5.2.3 CALCULOS

#### 5.2.3.1 DATOS CONOCIDOS

Para realizar la hoja de cálculo que permita dimensionar una placa de orificio, es necesario conocer algunos datos y condiciones iniciales para así poder diseñar la placa orificio. A continuación, se muestran los datos y condiciones iniciales que se tuvieron en cuenta para diseñar la placa orificio.

Diámetro de la tubería $D$	360	[mm]	0.36	[m]
Temperatura $T$	420	[°C]	693.15	[°k]
Presión en el tubo $P$	120	[mbar]	12000	[Pa]
Flujo nominal $Q_v$	1580	[ $nm^3/h$ ]	0.438889	[ $nm^3/s$ ]

Diferencia de presión $[\Delta P]$	4.968803	[mbar]	496.8803	[Pa]
Tipo de fluido	Aire			
Tipo de medida de presión	$D$ y $D/2$			

Adicionalmente es necesario saber algunos parámetros como:

- Constante universal de los gases:  $R_{gases} = 8.3144598 [Pa \cdot m^3/mol \cdot K]$
- Masa molecular del aire:  $M_{m\_aire} = 0.028966 [kg/mol]$
- Viscosidad dinámica:  $\mu = 0.00003332 [Pa \cdot s]$
- Coeficiente de descarga:  $C = 0.606$  (valor inicial)
- Factor de expansión:  $\varepsilon = 1$  (valor inicial)

### 5.2.3.2 DENSIDAD

El valor de la densidad varía con respecto a la presión y a la temperatura, de tal manera que se buscaron tablas termodinámicas en las cuales relacionaran el valor de la temperatura con estas dos variables como se muestra en la figura 21.

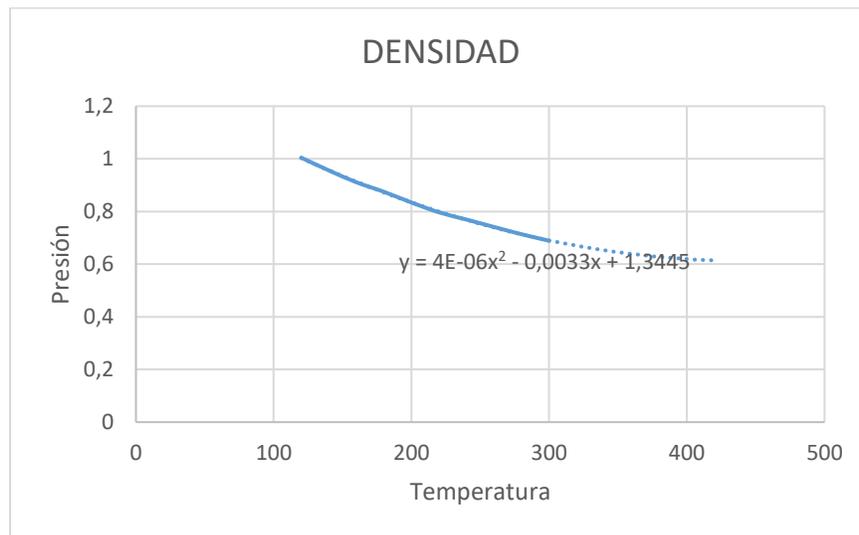
**figura 21. Tabla de densidad**

Temp. del aire °C	Densidad del aire en kilogramos por metro cúbico para las presiones manométricas en bar indicadas (Basado en una presión atmosférica de 1.01325 bar y un peso molecular de 28.97)																		
	0 bar	0.5 bar	1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar	11 bar	12 bar	13 bar	14 bar	15 bar	16 bar	17 bar
0°	1.293	1.930	2.568	3.844	5.12	6.39	7.67	8.95	10.22	11.50	12.77	14.05	15.32	16.60	17.88	19.15	20.43	21.70	22.98
5	1.269	1.896	2.522	3.775	5.03	6.28	7.53	8.78	10.04	11.29	12.54	13.80	15.05	16.30	17.55	18.81	20.06	21.31	22.56
10	1.247	1.862	2.477	3.708	4.93	6.17	7.40	8.63	9.86	11.09	12.32	13.55	14.78	16.01	17.24	18.47	19.71	20.94	22.17
15	1.225	1.830	2.435	3.644	4.85	6.06	7.27	8.48	9.69	10.90	12.11	13.32	14.53	15.74	16.95	18.15	19.36	20.57	21.78
20	1.204	1.799	2.393	3.581	4.77	5.96	7.15	8.34	9.52	10.71	11.90	13.09	14.28	15.47	16.66	17.84	19.03	20.22	21.41
25	1.184	1.768	2.353	3.522	4.69	5.86	7.03	8.20	9.37	10.53	11.70	12.87	14.04	15.21	16.38	17.55	18.71	19.88	21.05
30	1.165	1.739	2.314	3.463	4.61	5.76	6.91	8.06	9.21	10.36	11.51	12.66	13.81	14.96	16.11	17.26	18.41	19.55	20.70
35	1.146	1.711	2.277	3.407	4.54	5.67	6.80	7.93	9.06	10.19	11.32	12.45	13.58	14.72	15.85	16.98	18.11	19.24	20.37
40	1.127	1.684	2.240	3.353	4.47	5.58	6.69	7.80	8.92	10.03	11.14	12.25	13.37	14.48	15.59	16.71	17.82	18.93	20.04
50	1.093	1.632	2.171	3.249	4.33	5.41	6.48	7.56	8.64	9.72	10.80	11.88	12.95	14.03	15.11	16.19	17.27	18.35	19.42
60	1.060	1.583	2.106	3.152	4.20	5.24	6.29	7.33	8.38	9.43	10.47	11.52	12.56	13.61	14.66	15.70	16.75	17.79	18.84
70	1.028	1.537	2.044	3.060	4.08	5.09	6.11	7.12	8.14	9.15	10.17	11.18	12.20	13.21	14.23	15.24	16.26	17.28	18.29
80	1.0	1.493	1.986	2.973	3.960	4.95	5.93	6.92	7.91	8.89	9.88	10.87	11.85	12.84	13.83	14.81	15.80	16.79	17.77
90	0.972	1.452	1.932	2.891	3.851	4.81	5.77	6.73	7.69	8.65	9.61	10.57	11.53	12.49	13.45	14.41	15.36	16.32	17.28
100	0.946	1.413	1.880	2.814	3.748	4.68	5.62	6.55	7.48	8.42	9.35	10.28	11.22	12.15	13.09	14.02	14.95	15.89	16.82
120	0.898	1.342	1.784	2.671	3.557	4.44	5.33	6.21	7.10	7.99	8.87	9.76	10.65	11.53	12.42	13.31	14.19	15.08	15.97
140	0.855	1.276	1.698	2.541	3.385	4.23	5.07	5.91	6.76	7.60	8.45	9.29	10.13	10.97	11.82	12.66	13.51	14.35	15.19
160	0.815	1.217	1.620	2.424	3.229	4.03	4.84	5.64	6.45	7.25	8.06	8.86	9.66	10.47	11.27	12.08	12.88	13.69	14.49
180	0.779	1.164	1.548	2.317	3.086	3.855	4.62	5.39	6.16	6.93	7.70	8.47	9.24	10.01	10.77	11.54	12.31	13.08	13.85
200	0.746	1.114	1.483	2.219	2.955	3.692	4.43	5.16	5.90	6.64	7.37	8.11	8.85	9.58	10.32	11.06	11.79	12.53	13.26
220	0.716	1.069	1.423	2.129	2.836	3.542	4.25	4.96	5.66	6.37	7.08	7.78	8.49	9.20	9.90	10.61	11.31	12.02	12.73
240	0.688	1.027	1.367	2.046	2.725	3.404	4.08	4.76	5.44	6.12	6.80	7.48	8.16	8.84	9.51	10.19	10.87	11.55	12.23
260	0.662	0.989	1.316	1.969	2.623	3.277	3.930	4.58	5.24	5.89	6.54	7.20	7.85	8.51	9.16	9.81	10.47	11.12	11.77
280	0.638	0.953	1.268	1.898	2.528	3.158	3.788	4.42	5.05	5.68	6.31	6.94	7.57	8.20	8.83	9.46	10.09	10.72	11.35
300	0.616	0.920	1.224	1.832	2.440	3.048	3.656	4.26	4.87	5.48	6.09	6.70	7.30	7.91	8.52	9.13	9.74	10.34	10.95

Como se puede observar en la tabla el valor de temperatura no supera los 300 °C y para nuestro caso se necesita una temperatura de 420 °C, la presión necesaria es de 0.12 bar y los valores presentes en la tabla se muestran entre 0 y 0.5 bar.

Para obtener el valor de densidad fue necesario hallar la línea de tendencia de la presión, para así obtener la ecuación en la cual se reemplaza el valor de presión que se necesita y así obtener un valor aproximado de presión a diferentes temperaturas, una vez obtenidos estos resultados se procede a hallar nuevamente la línea de tendencia ahora de la temperatura, se grafica el valor de la temperatura y el de la presión (0.120 bar). Una vez graficado y por medio de la herramienta Excel se halla la ecuación que modela la gráfica y se reemplaza el valor de la temperatura (420 °C), de esta manera se halla un valor aproximado de densidad, para saber si el resultado es un valor adecuado se extrapola la gráfica hacia el valor de temperatura requerido, como se muestra en la figura 22.

**figura 22. Valor extrapolado.**



El valor de la densidad es:

$$Densidad = 0.000004 * 420^2 - 0.0033 * 420 + 1.3445 = 0.6641 [kg/m^3]$$

### 5.2.3.3 CALCULOS ADICIONALES

Teniendo en cuenta el valor de densidad se procede a realizar los siguientes cálculos:

- Viscosidad cinemática: el valor de la viscosidad se halla dividiendo el valor de la viscosidad dinámica entre la densidad.

$$v = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.00003332}{0.6641} = 5.01732E - 05 [m^2 / s]$$

- Constante del aire: se halla dividiendo el valor de la constante de los gases entre la masa molecular del aire.

$$R_{aire} = \frac{R_{gases}}{M_{m_{aire}}} = \frac{8.3144598}{0.028966} = [Pa.m^3/mol.K]$$

- Área de la tubería.

$$A_{tuberia} = \frac{\pi.D^2}{4} = \frac{3.141592654 * 0.36^2}{4} = 0.101787602 [m^2]$$

- Caudal másico.

$$Q_m = Q_v * \rho = 0.438889 * 0.6641 = 0.291466111 [Kg/s]$$

- Numero de Reynolds en la tubería.

$$Re_D = \frac{4Q_m}{\pi\mu D} = \frac{4 * 0.291466111}{3.141592654 * 0.00003332 * 0.36} = 30937.89004$$

#### 5.2.3.4 CALCULO DEL DIAMETRO DE LA PLACA ORIFICIO

Para realizar el cálculo del diámetro del orificio  $[d]$  es necesario conocer previamente algunas variables como son:

- Viscosidad dinámica.
- Densidad.
- Diámetro de la tubería.
- Caudal másico.
- Diferencia de presión.

El proceso para realizar el cálculo del diámetro del orificio y de la relación de diámetros es un proceso iterativo, por lo tanto, se tiene en cuenta las ecuaciones proporcionadas por la norma ISO 5761, vistas en la figura 18, en las cuales se realiza un proceso de iteración de rápida convergencia. Las ecuaciones son las que siguen:

- Terminio invariante:

$$A_2 = \frac{\mu Re_D}{D\sqrt{2\Delta P\rho}} = \frac{0.00003332 * 30937.89004}{0.36 * \sqrt{2 * 496.8803717 * 0.6641}} = 0.111464231$$

- Variable  $X$  en el algoritmo:

$$X_2 = \frac{\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4}} = \frac{A_2}{C\varepsilon} = \frac{0.111464231}{0.606 * 1} = 0.183934375$$

El valor de la relación de diámetros  $\beta$  es desconocido, por lo tanto el valor de  $\beta$  varía entre  $0.10 < \beta < 0.75$ , valores que están contemplados dentro de la norma. La ecuación de iteración es la que sigue:

$$A_2 = \frac{C\varepsilon\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

$$X_2 = \frac{\beta^2}{\sqrt{1 - \beta^4}}$$

$\beta$	$A_2$	$X_2$
0.1	0.006060303	0.0100005
0.11	0.007333137	0.012100886
0.12	0.008727305	0.014401493
0.13	0.010242863	0.016902414
0.14	0.011879882	0.019603766
0.15	0.013638453	0.022505697
0.16	0.015518686	0.025608393
0.17	0.017520718	0.028912076
0.18	0.019644714	0.03241702
0.19	0.021890869	0.036123546
0.2	0.024259415	0.040032038
0.21	0.026750625	0.044142946
0.22	0.029364815	0.04845679
0.23	0.032102349	0.052974174
0.24	0.034963649	0.05769579
0.25	0.037949192	0.062622429
0.26	0.041059524	0.067754989
0.27	0.044295258	0.073094486
0.28	0.047657089	0.078642062
0.29	0.051145793	0.084398999
0.3	0.054762238	0.090366729
0.31	0.058507391	0.096546849
0.32	0.062382325	0.10294113
0.33	0.06638823	0.109551535
0.34	0.07052642	0.116380231
0.35	0.074798343	0.123429608

0.36	0.079205592	0.130702297
0.37	0.083749916	0.138201182
0.38	0.088433233	0.145929428
0.39	0.093257642	0.153890499
0.4	0.098225437	0.16208818
0.41	0.103339121	0.170526602
0.42	0.108601426	0.179210274
0.43	0.114015327	0.188144105
0.44	0.119584065	0.197333441
0.45	0.125311164	0.206784099
0.46	0.131200457	0.216502404
0.47	0.137256111	0.226495233
0.48	0.143482656	0.23677006
0.49	0.149885012	0.247335004
0.5	0.156468527	0.25819889
0.51	0.163239012	0.269371307
0.52	0.170202783	0.280862678
0.53	0.177366708	0.292684337
0.54	0.18473826	0.304848614
0.55	0.192325571	0.31736893
0.56	0.2001375	0.330259901
0.57	0.208183704	0.343537466
0.58	0.216474721	0.357219012
0.59	0.225022063	0.371323537
0.6	0.233838321	0.385871817
0.61	0.242937283	0.400886606
0.62	0.252334076	0.416392864

0.63	0.262045315	0.432418012
0.64	0.272089293	0.448992233
0.65	0.28248618	0.466148812
0.66	0.29325827	0.483924538
0.67	0.304430259	0.502360164
0.68	0.316029577	0.521500953
0.69	0.328086769	0.541397308

0.7	0.340635951	0.56210553
0.71	0.353715354	0.583688703
0.72	0.367367963	0.606217761
0.73	0.381642295	0.629772764
0.74	0.396593329	0.654444438
0.75	0.412283647	0.680336051

Como se puede observar el valor de  $\beta$  que más se acerca al termino invariante está comprendido entre los valores de 0.42 y 0.43. para tener una mayor precisión en el valor de  $\beta$  se hace una segunda iteración en la cual el valor varía entre  $0.42 < \beta < 0.43$ .

<b>B</b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>
0.421	0.109136	0.180092
0.422	0.109672	0.180977
0.423	0.11021	0.181864
0.424	0.110749	0.182753
0.425	0.111289	0.183646
0.4251	0.111343	0.183735
0.4252	0.111398	0.183824
0.4253	0.111452	0.183914
0.4254	0.111506	0.184003
0.4255	0.11156	0.184093
0.4256	0.111614	0.184182
0.4257	0.111669	0.184272
0.4258	0.111723	0.184361
0.4259	0.111777	0.184451
0.426	0.111831	0.18454
0.4261	0.111886	0.18463
0.4262	0.11194	0.184719
0.4263	0.111994	0.184809
0.4264	0.112049	0.184899
0.4265	0.112103	0.184988
0.4266	0.112157	0.185078
0.4267	0.112212	0.185168
0.4268	0.112266	0.185258
0.4269	0.112321	0.185348
0.427	0.112375	0.185437
0.4271	0.11243	0.185527
0.4272	0.112484	0.185617

0.4273	0.112538	0.185707
0.4274	0.112593	0.185797
0.4275	0.112647	0.185887
0.4276	0.112702	0.185977
0.4277	0.112757	0.186067
0.4278	0.112811	0.186157
0.4279	0.112866	0.186247
0.428	0.11292	0.186337
0.4281	0.112975	0.186427
0.4282	0.113029	0.186517
0.4283	0.113084	0.186607
0.4284	0.113139	0.186698
0.4285	0.113193	0.186788
0.4286	0.113248	0.186878
0.4287	0.113303	0.186968
0.4288	0.113358	0.187059
0.4289	0.113412	0.187149
0.429	0.113467	0.187239
0.4291	0.113522	0.18733
0.4292	0.113577	0.18742
0.4293	0.113631	0.18751
0.4294	0.113686	0.187601
0.4295	0.113741	0.187691
0.4296	0.113796	0.187782
0.4297	0.113851	0.187872
0.4298	0.113906	0.187963
0.4299	0.11396	0.188054
0.43	0.114015	0.188144

Como se puede observar el valor que más se aproxima es el valor de  $\beta = 0.4253$ , por lo que podemos decir que esta es la relación de diámetros, si tenemos en cuenta la norma, nos dice que el valor de  $\beta$  está dentro del rango permitido.

Una vez obtenido el valor de la relación de diámetros es muy simple hallar el valor del diámetro del orificio.

$$d = \beta * D = 0,4253 * 0,36 = 0,1531 [m]$$

Una vez obtenido el valor de  $\beta$  se reemplaza en la ecuación del coeficiente de descarga para así hallar el coeficiente propio de la placa orificio, inicialmente se tomó un valor inicial dado por la norma de 0,606 para llevar a cabo las operaciones.

El coeficiente de descarga se halla a partir de:

$$C = 0.5961 + 0.0261\beta^2 - 0,261\beta^8 + 0.000521 \left(\frac{10^6\beta}{Re_D}\right)^{0.7} + (0.0188 + 0.0063A)\beta^{3.5} \left(\frac{10^6}{Re_D}\right)^{0.3} + (0.043 + 0.080e^{-10L_1} - 0.123e^{-7L_1})(1 - 0.11A) \frac{\beta^4}{1-\beta^4} - 0.031(M_2 - 0.8M_2^{1.1})\beta^{1.3}$$

Donde:

$L_1 = \frac{l_1}{D}$  es la relación entre la distancia desde la toma aguas arriba hasta la placa orificio y el diámetro de la tubería.

$L_2 = \frac{l_2}{D}$  es la relación entre la distancia desde la toma aguas abajo hasta la placa orificio y el diámetro de la tubería.

Para tomas en  $D$  y  $D/2$ :  $L_1 = 1$ ;  $L_2 = 0,47$

$$M_2 = \frac{2L_2}{1-\beta}; A = \left(\frac{19000\beta}{Re_D}\right)^{0.8}$$

$$C = 0,605566842$$

El factor de expansión se calcula a partir de:

$$\varepsilon = 1 - (0.351 + 0.256\beta^4 + 0.93\beta^8) \left[ 1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/K} \right]$$

Donde:

$K$  es el coeficiente de pérdida de presión.

$$K = \left( \frac{\sqrt{1 - \beta^4(1 - C^2)}}{C\beta^2} - 1 \right)^2$$

$$K = 64.55203224$$

$$\varepsilon = 0.999763996$$

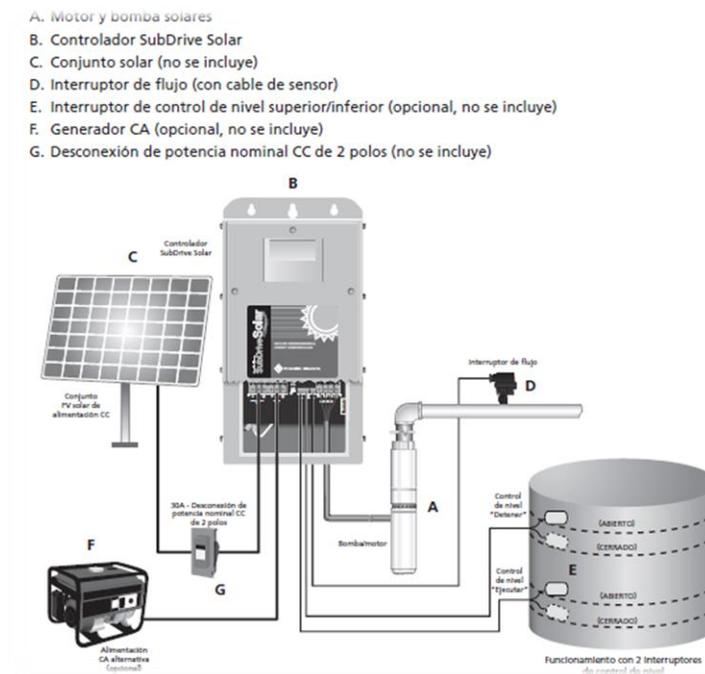
### 5.3 CAPACITACION BOMBAS SOLARES

Durante el tiempo de la practica académica se impartió una capacitación acerca de la instalación y conexión de un subdrive solar, la capacitación fue impartida en la ciudad de Bogotá por un ingeniero experto en el tema.

La capacitación era necesaria ya que la empresa iba a llevar a cabo la instalación de una bomba para el suministro de agua en la ciudad de Yopal, la bomba para realizar este suministro es una bomba sumergible la cual recibe la energía de trabajo por medio de paneles solares, se nos capacito en cuanto a la instalación y conexión de los diferentes elementos que conforman el sistema.

El proyecto no se llevó a cabo debido a que para realizar el montaje de los paneles era necesario tener una estructura que los soportara, la estructura tomaría entre 1 y 2 semanas construirla y la instalación de la bomba sumergible no era del todo sencilla y se necesitaba de personal capacitado para esta labor. Por esta razón la instalación de esta bomba solar se pospuso y no fue posible realizarla en el tiempo de la practica académica.

**figura 23. Subdrive solar.**



## 6 BIBLIOGRAFIA

Microsoft Excel. En soporte de Microsoft.

<https://support.office.com/es-es/article/Introducci%C3%B3n-a-Excel-2010-D8708FF8-2FBD-4D1E-8BBB-5DE3556210F7>

Matlab. En Wikipedia.

<https://es.wikipedia.org/wiki/MATLAB>

visual:

[https://msdn.microsoft.com/es-es/library/xk24xdbe\(v=vs.90\).aspx](https://msdn.microsoft.com/es-es/library/xk24xdbe(v=vs.90).aspx)

rslogix 5000:

[http://www.rocatek.com/forum\\_rslogix.php](http://www.rocatek.com/forum_rslogix.php)

Daniel orifice calculator:

<http://daniel-orifice-flow-calculator.software.informer.com/>

medidores de caudal:

[1] García, Gutiérrez, Luis. Instrumentación básica de medida y control, AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación, 2014. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unabsp/detail.action?docID=3223486>.

[2] García, Gutiérrez, Luis. Instrumentación básica de medida y control, AENOR - Asociación Española de Normalización y Certificación, 2014. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unabsp/detail.action?docID=3223486>.

[3] Çengel, Yunus A., and John M. Cimbala. Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones, McGraw-Hill Interamericana, 2006. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/unabsp/detail.action?docID=3195878>.

Atex.

<http://www.atmosferasexplosivas.com/index.php/equipos-atex>

## 7 ANEXOS

## ANEXO A. COTIZACIÓN TRANSMISIÓN INALÁMBRICA



Cotización N. COT15522  
Tocancipá, 18-Agosto-2017

Señores:

**AUTOMATIZACION E INFORMATICA INDUSTRIAL SAS**  
900048371-1  
CARRERA 12 14-105 OF. 205  
SOGAMOSO, COLOMBIA  
Tel: (008) 771-2443 Ext. 0000

Atn.

Jeferson Pulido  
jpulido23@unab.edu.co  
Tel: (008) 771-2443 Ext. 0000

Agradecemos su cordial solicitud y nos complace presentar a su consideración la presente oferta, de acuerdo con la información suministrada por ustedes y conforme a nuestros términos y condiciones generales de venta.

Item	Referencia	Descripción	Cant	Und	Tiempo Entrega	Valor Unitario	Valor Total
1	RAD-2400-IFS	Transceptor de radio 2400 MHz con RS-232, interfaz RS-485 de 2 hilo ampliable con módulos de ampl	2	UD	1 A 3 DIAS	\$2,156,998.00	\$4,313,996.00
2	RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0	Antena omnidireccional, 2.4 GHz, 6 dBi, lineal vertical, ángulo de apertura h/v 360/30, N (hembra)	2	UD	30 A 45 DIAS	\$914,684.00	\$1,829,368.00
3	RAD-PIG-RSMA/N-2	Cable de antena, longitud 2 m; N (macho) -> RSMA (macho), impedir 50 ohmios	2	UD	30 A 45 DIAS	\$276,844.00	\$553,688.00
4	RAD-AI4-IFS	Módulo de amplificación analógico E/S con 4 entradas de corriente análogas de (0/4 ... 20 mA), con c	1	UD	1 A 3 DIAS	\$1,505,892.00	\$1,505,892.00
5	RAD-AO4-IFS	Módulo amplificación analógico E/S con 4 salidas de corriente/tensión analógicas (0/4 mA ... 20 mA, 0.	1	UD	1 A 3 DIAS	\$1,505,892.00	\$1,505,892.00

NOTAS: -DESCUENTO OTORGADO 33%, YA APLICADO

<b>Subtotal</b>	\$9,708,836.00
<b>Misc.</b>	\$0.00
<b>IVA</b>	\$1,844,678.84
<b>Flete</b>	\$0.00
<b>Dto. comercial</b>	\$0.00
<b>Total</b>	\$11,553,514.84

Somos grandes contribuyentes  
y Autorretenedores

Forma de pago: CONTADO  
Validez de la oferta: 30 días Calendario.  
Elaboró: IRLANDA CASTRO  
Termino negociación: DDP  
Moneda: Pesos Colombianos  
Grantía: Un año de garantía a partir de la fecha de entrega de los equipos  
Tiempo de entrega: salvo previa venta, el indicado en cada ítem  
Lugar de entrega: CARRERA 12 14-105 OF. 205  
SOGAMOSO / BOYACA

Vendedor: DIANA MIREYA NUMPAQUE  
Telefono vendedor: 3185675577  
Correo vendedor: dnumpaque@colsein.com.co

## COLSEIN SAS.

Suministramos productos, servicios y soluciones de alta calidad para la automatización de procesos industriales.

Sede central Parque Industrial Gran Sabana Edificio / Building 32 Tocancipá, CUN 251017 Colombia

PBX. 5190967 www.colsein.com.co

Pág.1

## ANEXO B. COTIZACIÓN SENSOR DE FLUJO



SCHMIDT Technology GmbH • 78112 St. Georgen/Schwarzwald • Germany

AUTOMATIZACIÓN E INFORMÁTICA  
INDUSTRIAL S.A.S. Edificio Limanar,  
Oficina 205  
Carrera 12-14  
152219 SOGAMOSO, BOYACÁ  
COLOMBIA

**SCHMIDT Technology GmbH**  
Feldbergstraße 1  
78112 St. Georgen/Schwarzwald  
Germany  
Tel. +49 (0) 77 24/8 99-0  
Fax +49 (0) 77 24/8 99-101  
info@schmidttechnology.de  
www.schmidttechnology.de

### Offer 20033270

Date: 04.09.2017  
Customer no.: 610115  
Your reference: E- mail enquiry / 01.09.2017  
Recipient: Mr. Jefersson Sneider Pulido Condia  
Tel. recipient: +57 313 431 7985-  
Mail recipient: auxing@aiindustrial.com  
Your contact person: Mrs. Julia Nock  
Tel. contact partner: +49 7724/899-162  
E-mail contact partner: j.nock@schmidttechnology.de

**Quotation valid until: 04.12.2017**

Dear Mr. Sneider Pulido Condia,

As per our terms of sales and delivery, which we are pleased to send to you on request, and our actual wages and material charges we can quote you as follows:

Pos.	Item no. Item description	Quantity	Price /Price unit	Value
10	521501 SCHMIDT Flow Sensor SS 20.500	1 PC	1.083,00 / 1 PC	1.083,00
	<b>With following specification:</b>			
	Typ		SS 20.500	
	Mounting reduced		No	
	Mounting length		100 mm	
	measuring range		0...35 m/s	
	adjustment		standard	
	protection design		without protective coating	
	explosion proofness		ATEX design	
	Article-no.		521501-15112	
20	523565 SCHMIDT Connection cable 5-pole / length 5 m	1 PC	44,00 / 1 PC	44,00
30	517206 SCHMIDT Tube throughpassage	1 PC	35,00 / 1 PC	35,00

Volksbank Schwarzwald-Baar (BLZ 694 900 00) Nr. 30 001 303, BIC: GENODE61V51, IBAN: DE54 6949 0000 0030 0013 03  
Deutsche Bank AG, Villingen (BLZ 694 700 39) Nr. 0 139 444, BIC: DEUTDE66F694, IBAN: DE35 6947 0039 0013 9444 00  
Sparkasse Schwarzwald-Baar (BLZ 694 500 65) Nr. 9 000 100, BIC: SOLADES1V55, IBAN: DE68 6945 0065 0009 0001 00  
Commerzbank Villingen (BLZ 694 400 07) Nr. 251198 800, BIC: COBADEFFXXX, IBAN: DE52 6944 0007 0251 1988 00

USt-IdNr. DE 811725105  
Registergericht Freiburg HRB 600755  
Geschäftsführung:  
Rolf Schmidt, Oliver Schmidt, Stephan Schmidt  
Sprecher der Geschäftsführung: Rolf Schmidt

**Offer number :** 20033270  
**Offer date :** 04.09.2017



Pos.	Item no. Item description	Quantity	Price /Price unit	Value
------	------------------------------	----------	----------------------	-------

brass for SS 20.260/SS 20.500

<b>Total</b>	<b>EUR 1.162,00</b>
--------------	---------------------

Terms of payment: In advance

Terms of delivery: EXW Ex Works St. Georgen

Delivery time approx. 1 week after receipt of your order, i.e. after receipt of payment

Period of warranty: 12 months from date of delivery according to our General Terms of Delivery and Sales

Your contact partner:  
 SCHMIDT Technology GmbH

Feldbergstraße 1  
 78112 St. Georgen  
 Tel.: +49 7724 899 0  
 Mail: sensors@schmidttechnology.de

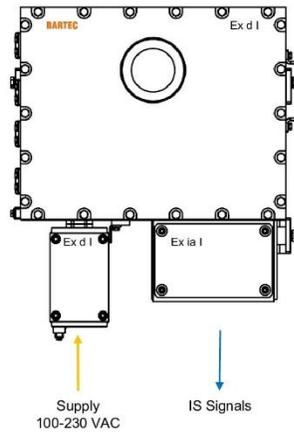
Best regards  
 SCHMIDT Technology GmbH

p. o. Julia Nock  
 Sales Department

Electronically generated - valid without signature.

## ANEXO C. SOLUCIÓN PROPUESTA POR BARTEC

## I M2 Ex d [ia] I - Enclosure Version 1

**BARTEC**

Inside

(components by BARTEC)

- 1x Circuit breaker
- 1x Power supply non IS, 24VDC, 1,3A
- 1x Power supply IS, 12VDC, 1,3A
- 1x Converter IS/non IS
- 1x Line bushing for
- 1x Line bushing for IS
- 1x Koax bushing for Radio
- with terminals and cable glands
- complete wired and tested

(components by customer)

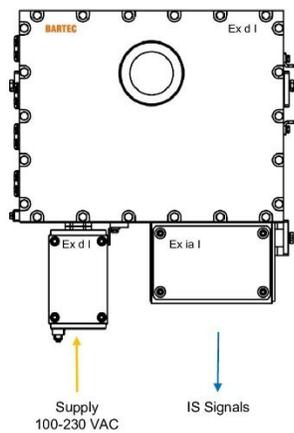
- 1x Wireless transceiver RAD-2400-IFS
- 1x I/O extension module RAD-AI4-IFS
- 1x Antenna barrier BAR-ANT-N-N-EX
- 1x Antenna cable RAD-PIG-RSMA/N-2
- 1x Antenna RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0

PICTURE AS DRAFT ONLY

06.10.2017 Sg Seite 1

BARTEC Safe.t<sup>®</sup> Technology

## I M2 Ex d [ia] I - Enclosure Version 2

**BARTEC**

Inside (all components by BARTEC)

- 1x Circuit breaker
- 1x Power supply non IS, 24VDC, 1,3A
- 1x Power supply IS, 12VDC, 1,3A
- 1x Wireless transceiver RAD-2400-IFS
- 1x I/O extension module RAD-AI4-IFS
- 1x Converter IS/non IS
- 1x Antenna barrier BAR-ANT-N-N-EX
- 1x Antenna cable RAD-PIG-RSMA/N-2
- 1x Antenna RAD-ISM-2400-ANT-OMNI-6-0
- 1x Line bushing for Supply
- 1x Line bushing for IS
- 1x Koax bushing for Radio
- with terminals and cable glands
- complete wired and tested

PICTURE AS DRAFT ONLY

06.10.2017 Sg Seite 2

BARTEC Safe.t<sup>®</sup> Technology

## ANEXO D. COTIZACIÓN BARTEC

BARTEC ANDINA - Calle 106 # 54-78 of. 402 Bogotá - Colombia

# BARTEC

Automatización e Informática Industrial S.A.S  
Carrera 12 # 14-105 Ofc 205, Sogamoso  
Boyacá - Colombia

Our ref.	Direct dial	E-Mail	Date
RQ-1025A-17	3115274969	auxing@aiindustrial.com	06/10/2017

Estimado(s),

Reciba un saludo cordial de BARTEC Andina, S.A.S.  
Agradecemos la oportunidad de cotizar para tan importante proyecto

"Caja ATEX para mina de carbón"

En atención a su amable solicitud se envía oferta económica del asunto mencionado en la referencia de este documento y condiciones comerciales.

Esperamos que encuentre nuestra oferta acorde con sus necesidades y en caso de cualquier aclaración, por favor no dude en ponerse en contacto con nosotros.

Cordialmente,



**Natalia Hernandez R.**  
Sales Engineer / Ingeniera de Ventas  
Phone: +57 (1) 703 5146  
Mobile: +57 315 638 8388  
Skype: nataliahernandezbartec  
eMail: natalia.hernandez@bartec.com.co

BARTEC ANDINA  
Registered Office  
Calle 106 # 54-78 of. 402  
Bogotá  
Colombia

NIT  
900671285-5

Bank details  
HELM Bank (CorpBanco)  
SWIFT  
BCTOCC08  
Directing Acc. No.  
731-008494  
Bank Address  
Calle 102 No. 14-28  
Bogotá, Colombia

Management  
Calle Castellanos (MD)  
Avenida Marte (CM)



BARTEC ANDINA - Calle 106 # 54-78 of. 402 Bogotá - Colombia

Caja ATEX para mina de carbón

Versión 1

ÍTEM	REF.	CANT	UN	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT (USD)	VALOR TOTAL (USD)
1,1	dSD05D	1	Pc	Versión 1: I M2 Ex d [a] I – Enclosure dSD05D -No incluye componentes, por parte del cliente -No incluye componente Trolex (por ser un componente externo no se ha incluido el sensor) ATEX	\$ 21.888,75	\$ 21.888,75
1,2	-	1	Pc	Costos únicos para la ingeniería, documentación y certificación.	\$ 8.492,00	\$ 8.492,00
<b>TOTAL 1</b>					<b>\$ 30.380,75</b>	<b>\$ 30.380,75</b>

Versión 2

ÍTEM	REF.	CANT	UN	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT (USD)	VALOR TOTAL (USD)
2,1	dSD05D	1	Pc	Versión 2: I M2 Ex d [a] I – Enclosure dSD05D -Incluye todo los componente por BARTEC -No incluye componente Trolex (por ser un componente externo no se ha incluido el sensor) ATEX	\$ 25.303,20	\$ 25.303,20
2,2	-	1	Pc	Costos únicos para la ingeniería, documentación y certificación.	\$ 8.492,00	\$ 8.492,00
<b>TOTAL 2</b>					<b>\$ 33.795,20</b>	<b>\$ 33.795,20</b>

ACLARATORIAS COMERCIALES

• **PRECIOS:**

Los precios se encuentran en Dólares americanos USD.

• **IMPUESTO A LAS VENTAS:**

La presente oferta No incluye IVA el cual será calculado de acuerdo con la legislación vigente.

• **FORMA DE PAGO:**

Por acordar.

• **PLAZO DE ENTREGA:**

8 a 10 Semanas.

El tiempo de entrega se confirma al recibir la OC.

• **SITIO DE ENTREGA:**

Por Acordar. Colombia.

• **VALIDEZ DE LA OFERTA:**

30 días.

• **VOLUMEN DE SUMINISTRO:**

El alcance de esta oferta incluye lo enumerado en el cuadro de precios. Cualquier solicitud adicional tendrá un cargo extra.

• **GARANTÍA:**

Hace referencia al punto cuatro (4) de los términos y condiciones.

## ANEXO E. COTIZACIÓN D.R ELECTRIC

**D.R ELECTRIC**

Regimen simplificado



Envigado 23 de Octubre 2017

**Señores:** Automatización e informática Industrial  
**ATT:** Ing. Jefferson Pulido  
 auxing@aiindustrial.com

**Cotización 23102017**

**D.R ELECTRIC** Empresa especializada en el sector eléctrico y seguridad eléctrica tiene el gusto de presentarle la siguiente Cotización:

Atendiendo su amable solicitud, con gusto presentamos nuestra propuesta para suministro de Tableros para área clasificada con riesgo de explosión, dentro de mina de Carbón.

Se construye la propuesta basados en las indicaciones telefónicas y correo electrónico del 6 de Octubre 2017.

Se prepara la propuesta para tableros con tecnología Exd (EX) para prueba de explosión, se Incluye el suministro de:

- ✓ Interruptores de protección
- ✓ cableado, bornes de salida.
- ✓ Sellos cortafuegos para las acometidas,
- ✓ Prensa estopas de áreas clasificadas para las salidas de bajo voltaje (antenas y sensores).
- ✓ Cantidad 2 Tableros EX 35 x 20 x 21cm (alto x ancho x profundo) con cableado de control para equipos de medida y transmisión

**No se suministra:**

- Fuente de alimentación a 24vdc.
- Barrera para el transmisor porque la interface parece incluirla, si esto es falso, por favor indicar para cotizarla.
- Interface de comunicación inalámbrica (emisor y receptor) Phoenix Contact.
- Transmisor de caudal de flujo.

**NO se Incluye en esta propuesta:**

- Trabajos de cableado en sitio.
- Manejo, anclaje y montaje de tableros en sitio.
- Suministro de materiales distintos a los especificados.
- Suministro de instrumentación.
- Protecciones especiales.
- Suministro de software de configuración, desarrollo, monitoreo, etc.

**COSTOS.**

2.550.000 x 2 unidades = 5.100.000

**Total: \$ 5.100.000**

**D.R ELECTRIC**

Regimen simplificado

**CONDICIONES COMERCIALES:****Tiempo de validez de la oferta:** 23/11/2017**Tiempo de entrega:** 2 semanas, recibiendo la orden de compra junto con 50% anticipo.**Forma de pago:** 50% anticipado y 50% a contra entrega,**Flete:** El cliente lo asume, los tablero se entregan en Medellín Antioquia.