



SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN SUPERIOR
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ



DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIERREZ

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



**DISEÑO DEL SISTEMA HIDRAULICO DE UN MECANISMO CORTADOR DE
PIEDRA CALIZA POR CHORRO DE AGUA**

RESIDENTES

BARRIOS LÓPEZ CRISTÓBAL ABENAMAR

PÉREZ MÉNDEZ LUIS MIGUEL

ASESOR INTERNO: M.C. IGNACIO ARRIOJA CARDENÁS

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS.

INDICE

1. Introducción.....	4
2. Justificación.....	5
3. Objetivos.....	7
3.1 Objetivos generales.....	7
3.2 Objetivos específicos	7
4. Caracterización del área de trabajo	7
4.1 Antecedentes de la empresa	7
4.1.1 Ubicación de la empresa.....	8
4.1.2 Misión	8
4.1.3 Visión.....	8
4.1.4 Política de calidad	8
4.1.5 Logo de la empresa.....	9
4.2 Organigrama.....	9
4.3 Descripción del área donde se realizara el proyecto	10
5. Problemas a resolver priorizándolos.....	12
6. Alcance y limitaciones	13
6.1 Alcance.....	13
6.2 Limitaciones.....	13
7. Fundamento teórico.....	14
8. Procedimiento y descripción de las actividades a realizar	21
9. Resultados, planos, gráficas, prototipos, maquetas, programas, entre otros	33
Presiones máximas y mínimas en el sistema.....	36
10. Conclusión y recomendaciones.....	37
11. Bibliografía	38
12. Glosario	39
13. anexos	41
13.1 Anexo 1 Cronograma de Actividades.....	41
13.2 anexo 2 Mapa conceptual de Fundamento teórico.....	42
13.3 Anexo 3 Otros anexos referentes al proyecto.....	42

INDICE DE IMÁGENES

Figura 1.1	.....	8
Figura 2.1	.....	9
Figura 2.2	.....	9
Figura 3.1	.....	17
Figura 3.2	.....	18
Figura 3.3	.....	19
Figura 3.4	.....	20
Figura 4.1	.....	22
Figura 4.2	.....	22
Figura 4.3	.....	26
Figura 4.4	.....	27
Figura 4.5	.....	29
Figura 4.6	.....	30
Figura 4.7	.....	31
Figura 4.8	.....	31
Figura 4.9	.....	31
Figura 5.1	.....	33
Figura 5.2	.....	34
Figura 5.3	.....	34
Figura 5.4	.....	35
Figura 5.5	.....	35
Figura 5.6	.....	36

1. Introducción

El corte por chorro de agua es un proceso de índole mecánica, mediante el cual se consigue cortar cualquier material, haciendo impactar sobre éste un chorro de agua a gran velocidad que produce el acabado deseado.

El corte con agua es un proceso que posee un potencial que no tiene límites y se puede utilizar para cortar prácticamente cualquier material.

Además si al chorro de agua se le agrega un abrasivo es entonces cientos, si no miles de veces más potente que el chorro de agua pura. Tanto el chorro de agua como el chorro de agua abrasivo tienen sus aplicaciones. Mientras que el chorro de agua pura corta materiales blandos, el chorro de agua abrasivo corta materiales duros, tales como metales, piedra, materiales compuestos y cerámica.

Es un proceso revolucionario que hoy en día es de máxima utilidad y comienza a ser un recurso habitual a la hora de mecanizar piezas, es bastante simple pero a la vez muy complejo. Resulta una herramienta muy versátil y cuya aplicación es extensible a prácticamente todos los trabajos industriales.

2. Justificación

El proyecto que se llevara acabo es con la finalidad de tener una alternativa diferente o sustituir completamente el proceso que hoy en día usa la industria “Cales y Morteros del Grijalva S.A. de C.V.” en la extracción de piedra caliza, el cual ayudara de manera significativa a la empresa.

La descripción del proceso que se realiza en la calera es la siguiente:

1. Se extrae por medio de voladoras a base de uso de explosivos. Obteniéndose así una piedra. La cual es recolectada por unos trascabos y transportadas por los volteos al área de trituración, cremería y trituración
2. La piedra se tritura a un tamaño adecuado para su posterior calcinación. La trituración se lleva a cabo en una vibradora movida por un motor de 100 HP, las piedras de tamaño reducido pasa por una banda transportadora, para ser llevadas a una tolva, y así poder llenar los tractores nuevamente.
3. Posteriormente la piedra es alimentada a los hornos donde esta se calcina, este punto en el cual la piedra caliza se convierte en oxido de calcio.
4. Se tiene un cuarto de control donde se maneja en forma automática las cargas y descargas de la piedra.
5. Después de ser calcinada la piedra es conducida por medio de bandas donde se tritura hasta hacerlo polvo.
6. Luego se lleva a un cuarto de almacenamiento.
7. Este polvo (óxido de calcio CaO) se pasa por el proceso de hidratación, para poder pasar a un silo para ser envasado por medio de un envasador rotatorio, y después es envasado en camiones listo para su distribución.

Del proceso antes mencionado, el proyecto se enfocara principalmente en el punto numero 1.

Al extraer la piedra caliza por medio de explosiones crea mucho ruido y desprende grandes cantidades de residuos (polvo) contaminando así al medio ambiente además provoca problemas a la salud en el sistema auditivo, en las vías respiratorias o hasta la muerte por el mal uso de los explosivos, de las personas que hay laboran como de los habitantes de las localidades circunvecinas.

Se propone sustituir la extracción de piedra caliza con explosivos por una extracción con chorros de agua a alta presión el cual hará cortes en la piedra con esto se generara el mínimo lavamiento de polvo, además se producirán bloques de piedra mucho más fácil de transportar ya que saldrían en forma de vigas en Cantiliver.

También se pretende indirectamente reducir los gastos, ya que las cortadoras convencionales entran en contacto directo con la piedra al cortar, lo que produce fricción y la consecuencia es el desgaste en los dientes. La cortadora a base de chorro de agua no entra en contacto directo con la pieza a cortar por lo que no hay desgaste de sus piezas por este detalle.

3. Objetivos

3.1 Objetivos generales

- Diseñar un sistema hidráulico para el mecanismo cortador de piedra caliza por chorro de agua.

3.2 Objetivos específicos

- Seleccionar el tipo de bomba que cumpla con las necesidades del mecanismo para crear la presión requerida para el corte de la piedra caliza.
- Diseñar un sistema de tuberías para el mecanismo cortador de piedra caliza por chorro de agua.

4. Caracterización del área de trabajo

4.1 Antecedentes de la empresa

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

Actualmente es considerado la segunda casa de estudios del estado de Chiapas, junto con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, su lema es ***Ciencia y Tecnología con Sentido Humano*** y su actual director es el M.E.H. José Luis Méndez Navarro. Cuenta con una extensión en la vecina ciudad de Chiapa de Corzo y posee un Centro de Posgraduados.



FIGURA 1.1

4.1.1 Ubicación de la empresa

Carretera Panamericana Km. 1080

C.P. 29050

Tuxtla Gutiérrez Chiapas

4.1.2 Misión

Formar de manera integral profesionistas en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

4.1.3 Visión

Es una institución de excelencia en la educación superior tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

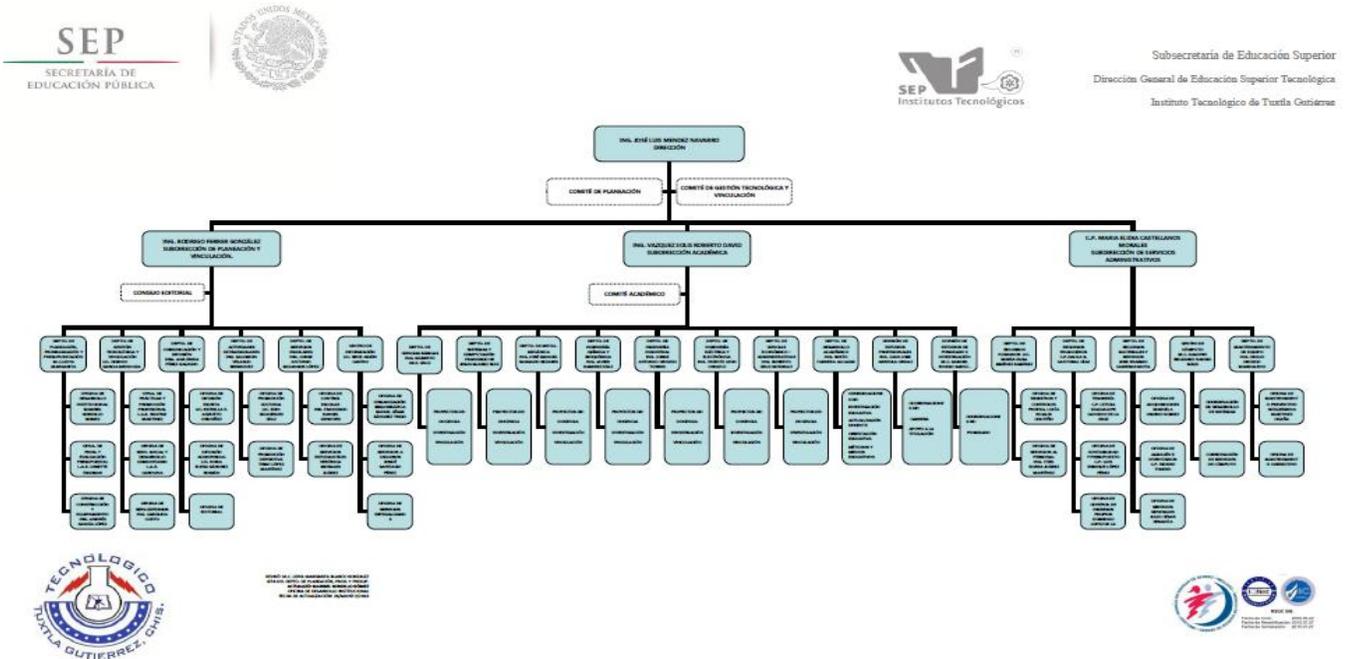
4.1.4 Política de calidad

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez establece el compromiso de implementar todos sus procesos orientándolos hacia la satisfacción de sus clientes, sustentada en la Calidad del Proceso Educativo: Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales, para cumplir con sus requisitos, mediante la eficacia de un Sistema de Gestión de la Calidad y mejora continua, conforme a la norma **ISO 9001:2008** y su equivalente nacional NMX-CC-9001-IMNC-2008.

4.1.5 Logo de la empresa



4.2 Organigrama



4.3 Descripción del área donde se realizara el proyecto

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución encargada en la formación de profesionistas comprometidos con la ciencia y la tecnología , el objetivo es que la persona egrese de la institución educativa con la capacidad para decidir y actuar con un criterio eficaz, razonado, ético y oportuno, en una situación determinada. Esta institución cuenta con las licenciaturas como: Ingeniería bioquímica, eléctrica, electrónica, mecánica, química, sistemas computacionales, gestión empresarial e industrial, además de licenciaturas cuenta con maestrías como: ciencias en ingeniería mecatrónica e y ciencias en ingeniería bioquímica.

Además esta misma institución cuenta con 7 licenciaturas certificadas, 6 de estas licenciaturas están certificadas por el Consejo de Acreditación de la Enseñanza en Ingeniería A.C. (CACEI), la carrera de ingeniería en sistemas computacionales está certificada por consejo nacional de acreditación en informática y computación (CONAIC), la única carrera que no se encuentra certificada es la de Ingeniería en gestión empresarial.

También tiene una propuesta para los alumnos la cual es la formación y desarrollo de competencias profesionales basado en el modelo educativo en competencias profesionales del SNEST.

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es una institución encargada en la formación de profesionistas comprometidos con la ciencia y tecnología, se compromete a tener las herramientas necesarias para así cumplir en ese aspecto, para lo cual la institución cuenta con instalaciones óptimas para que el estudiante tenga así; un lugar de confort, una amplia recopilación de información con múltiples autores, y una amplia gama de títulos.

El área en la cual se trabajara será para el departamento de ingeniería mecánica llamado metal-mecánica, ya que este departamento fue el encargado de entregar el proyecto diseño de una cortadora para piedra caliza.

Este departamento cuenta con un laboratorio donde podemos encontrar tornos y una fresadora, además de un laboratorio de hidráulica y robótica donde el alumno puede desenvolverse en su formación como ingeniero mecánico.

5. Problemas a resolver priorizándolos

El principal problema que se pretende solucionar es la extracción de piedra caliza por explosivos de la calera “Cales y Morteros del Grijalva S.A de C.V, este método es poco eficiente y ambiguo ya en el siglo XXI, muchos procesos que antes eran tradicionalmente usados han sido reemplazados por métodos con mas avances tecnológicos que sean mas eficientes y menos riesgosos.

Contamina al medio ambiente y daña a la salud de los que están expuestos a este fenómeno, debido a que las explosiones liberan mucho ruido y grandes cantidades de residuos (polvo) que se propagan por grandes extensiones de territorio.

Además los cortes de piedra no son uniformes y por consecuente son en muchos casos difíciles de manipular durante su traslado.

6. Alcance y limitaciones

6.1 Alcance

Durante la realización de este proyecto se seleccionara la bomba hidráulica y el sistema de tuberías como de sus accesorios que esta alimentara y que ira conectado al mecanismo elaborado en la etapa 1 de este proyecto de residencia. La elección de la bomba como del sistema de tuberías dependerá de las propiedades físicas de la piedra caliza ya que se necesitara una bomba que sea capas de crear una presión y una velocidad en el sistema de tuberías para poder cortar dicha piedra.

Después de haber diseñado todo el sistema hidráulico se procederá a simularlo en el Software (Solidworks), y de esta manera se podrán comparar los parámetros obtenidos en el diseño con el arrojado en el software como son presión, caudal, velocidad etc. Y sin no se llegara a obtener la presión esperada corregir si son necesarios algunos detalles.

6.2 Limitaciones

El proyecto que aquí se plantea solo abarcara el diseño del sistema hidráulico y su respectiva simulación a lo que se refiere a los cálculos y manipulación de parámetros físicos de forma abstracta. En ningún momento se llevara acabo la creación de algún prototipo o en tamaño real de dicho sistema.

7. Fundamento teórico

La piedra caliza

La caliza es una roca compuesta por lo menos del 50% de carbonato de calcio (CaCO_3), con porcentajes variables de impurezas, en su interpretación más amplia, el término incluye cualquier material calcáreo que contenga carbonato de calcio como mármol, creta, travertino, coral y marga. Cada uno de los cuales poseen propiedades físicas distintas, sin embargo, generalmente se considera que la caliza es una roca calcárea estratificada compuesta principalmente de mineral calcita, que por calcinación da la cal viva.

Las rocas clasificadas como calizas comerciales contienen cantidades variables de carbonatos de magnesio; cuando éste se halla en cantidad inferior a 5%, se dice que la caliza es magnesiana. Una caliza que contenga entre 30% y 45% de carbonato de magnesio se clasifica como dolomítica. La verdadera caliza dolomítica está compuesta por mineral dolomita, que es un carbonato doble de magnesio y calcio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), y que contiene un 46% de carbonato de magnesio, estas calizas se llaman cal rica en calcio, cal magnesiana y cal dolomítica

Las rocas clasificadas como calizas comerciales contienen cantidades variables de carbonatos de magnesio; cuando éste se halla en cantidad inferior a 5%, se dice que la caliza es magnesiana. Una caliza que contenga entre 30% y 45% de carbonato de magnesio se clasifica como dolomítica. La verdadera caliza dolomítica está compuesta por mineral dolomita, que es un carbonato doble de magnesio y calcio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), y que contiene un 46% de carbonato de magnesio, estas calizas se llaman cal rica en calcio, cal magnesiana y cal dolomítica.

Propiedades físicas de la piedra caliza

La coloración de las calizas ricas en calcio y las calizas dolomíticas son blancas cuando son puras, pero cambia de color entre el gris y el negro a consecuencia de las impurezas carbonosas que contienen; el óxido férrico da a la caliza color amarillento, rojo, pardo; los sulfuros tales como la pirita, la marcasita y la siderita alteran el color superficial de la roca al oxidarse bajo la influencia de los agentes atmosféricos, dando un color rojizo. Para la construcción de monumentos o la edificación, el color de la caliza es una propiedad importante. Las cales comerciales tienen color blanco o débilmente gris.

La resistencia de la caliza es una propiedad importante a la compresión, al aplastamiento que oscila entre 98.4 y 583.5 kg/cm², la resistencia a la tracción no es tan importante y es más difícil de determinar, su variación es de 26 a 63 kg/cm².

La densidad bruta de la caliza, es el peso de un decímetro cúbico, que varía según el contenido de humedad, la textura y la porosidad de la roca. La caliza comercial secada al aire en las condiciones ordinarias tiene una densidad de 1.922 kg/dm³. En condiciones de humedad, la densidad bruta puede ser de 2,242 kg/dm³. La densidad real prescindiendo de los poros llenos de aire, oscila entre 2.2 y 2.9 kg/dm³. La caliza rica en calcio tiene una densidad de 2.65 a 2.75 kg/dm³; y las calizas dolomíticas de 2.8 a 2.9kg/dm³.

El análisis espectral con rayos "X" ha revelado que todas las rocas calizas tienen textura cristalina. La textura uniforme suele especificarse para la roca de edificación y la monumental; para los usos industriales la textura no tiene importancia. La textura y la dureza de los minerales que acompañan a la caliza afectan a la dureza de la roca. La dureza de la caliza es de 2 a 3 en la escala relativa de dureza de Friedrich Mohos (1773-1839), esta es una propiedad importante en la roca de cantera, por lo general, las calizas se trabajan con bastante facilidad si no contienen minerales silíceos.

Aplicaciones de la piedra caliza

Directa o indirectamente, es probable que la roca caliza y la cal se empleen en más industrias que ninguna otra sustancia natural; ambos materiales se usan mucho en la agricultura, en la edificación y en las industrias químicas. Hubo un tiempo en que se tenía la cal como material agrícola o de construcción; pero actualmente las $\frac{3}{4}$ partes del tonelaje anual de cal se emplea como compuesto químico básico en la industria. El encalado de las tierras con caliza pulverizada y la cal estimula la producción del suelo, disminuyendo la acidez y proporcionando al suelo importante nutrientes para las plantas. En la edificación o construcción, la caliza se usa como “piedra de dimensiones” (conocida como cantera), cortada en diferentes formas y tamaños para la construcción de muros y monumentos; en forma de piedra partida, se usa como balastro para ferrocarriles y como agregado para la formación del concreto (hormigón) y la construcción de caminos. La cal se usa en morteros para albañilería, en enlucidos del concreto, como agente estabilizador del suelo y en la construcción de caminos de tierra. La dolomita quemada e inerte se usa mucho como material refractario para revestimiento de hornos y hogares. Son aplicaciones químicas de la caliza: en procesos metalúrgicos, como fundente, en operaciones para fabricación de la pulpa de papel, en procesos de neutralización de ácidos y como relleno de muchos productos comerciales, en la fabricación del cemento en donde se usa un enorme tonelaje de caliza, en la fabricación de alambre y acero, en el tratamiento de minerales de oro y plata y en la refinación del cobre, el plomo; siendo el mayor consumidor de cal la industria del acero, que la usa por las propiedades básicas de la cal para eliminar las impurezas ácidas de las menas de hierro.

Corte por chorro de agua

El corte por agua consiste en enviar un chorro de agua a muy alta presión (94.000 psi) por una pequeña boquilla que lo acelera a 4 veces la velocidad del sonido, aprox. 4.900 km/hr.

Maquinas hidráulicas: bombas

Una maquina hidráulica es aquella en que el fluido que intercambia energía con la misma no modifica su densidad a su paso por la maquina y por ende en su diseño y su estudio se considera que $\rho = \text{cte}$.

Clasificación de las maquinas hidráulicas

Convertidor de par: transfieren energía mediante un fluido bombas: transfieren energía mecánica a un fluido (líquido o gas) turbinas: reciben energía mecánica de un fluido (líquido o gas).

Clasificación de las bombas

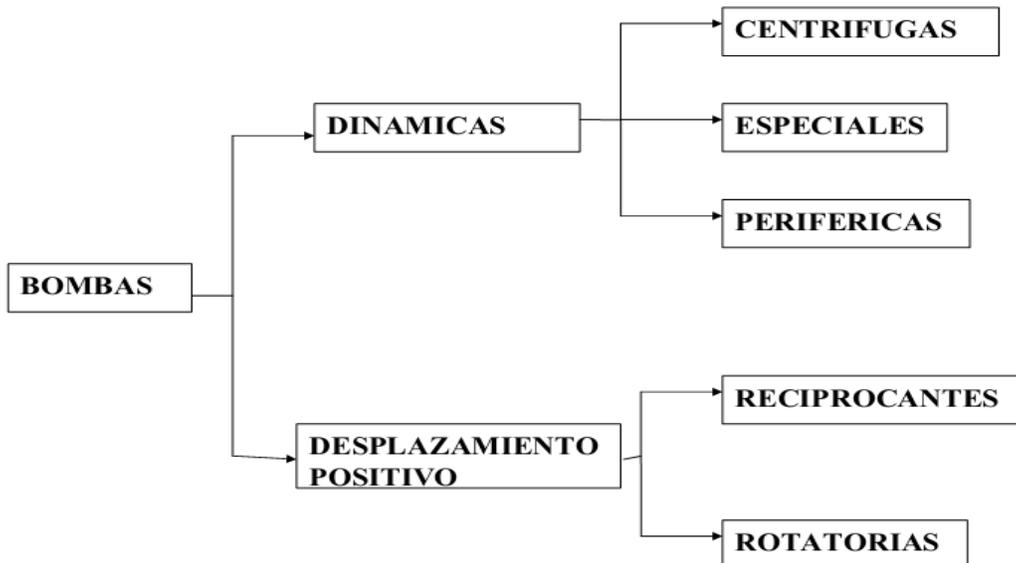
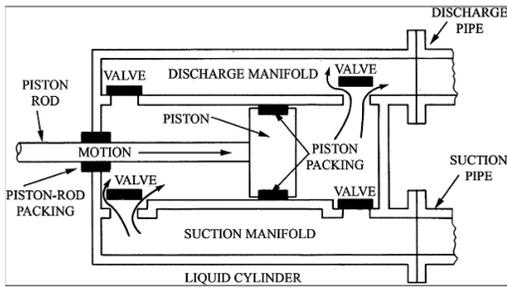
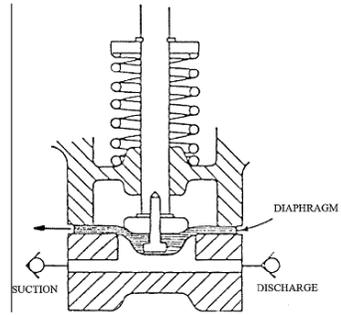


FIGURA 3.1

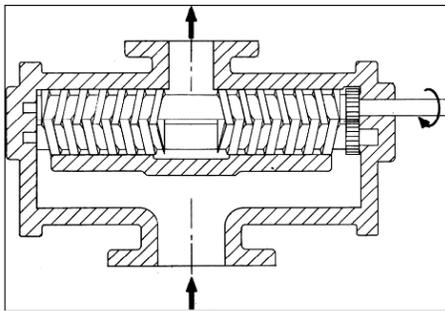
Ejemplos de bombas



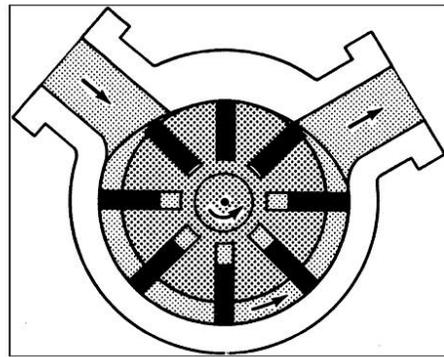
DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE PISTON DE DOBLE EFECTO O RECIPROCANTE



DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE DIAFRAGMA



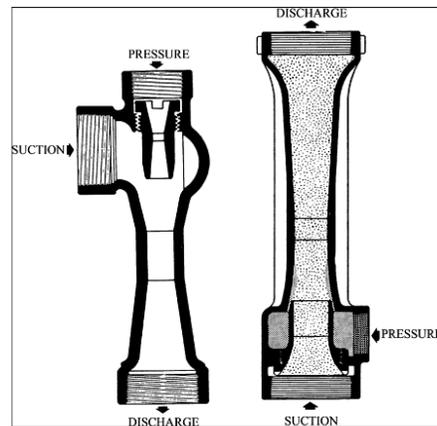
DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE ROTOR



DESPLAZAMIENTO POSITIVO DE ROTOR INTERNO



BOMBA CENTRIFUGA (CORTE)



JET

FIGURA 3.2

Consideraciones en la selección de bombas

- 1- los gráficos básicos de los catálogos y software están diseñados para agua
- 2- se hace necesario obtener los equivalentes para agua (caudal, etc.) de los fluidos que se van a bombear
- 3- a partir de este punto se define el grupo de bombas en función de caudal y altura manométrica
- 4- en las curvas del grupo de bombas se selecciona la que posee mejor comportamiento en nuestras condiciones de trabajo (mayor rendimiento y mayor estabilidad de funcionamiento).

Componentes de una instalación hidráulica

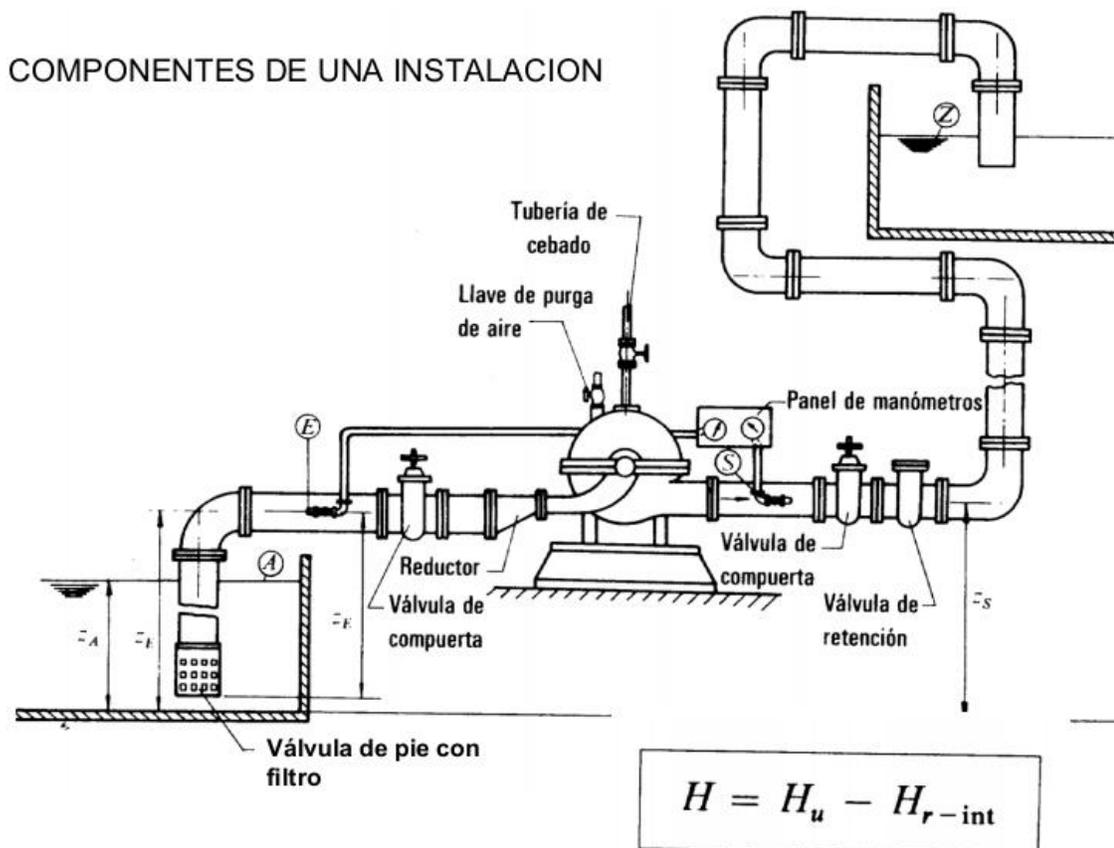


FIGURA 3.3

Consideraciones en el montaje de la bomba

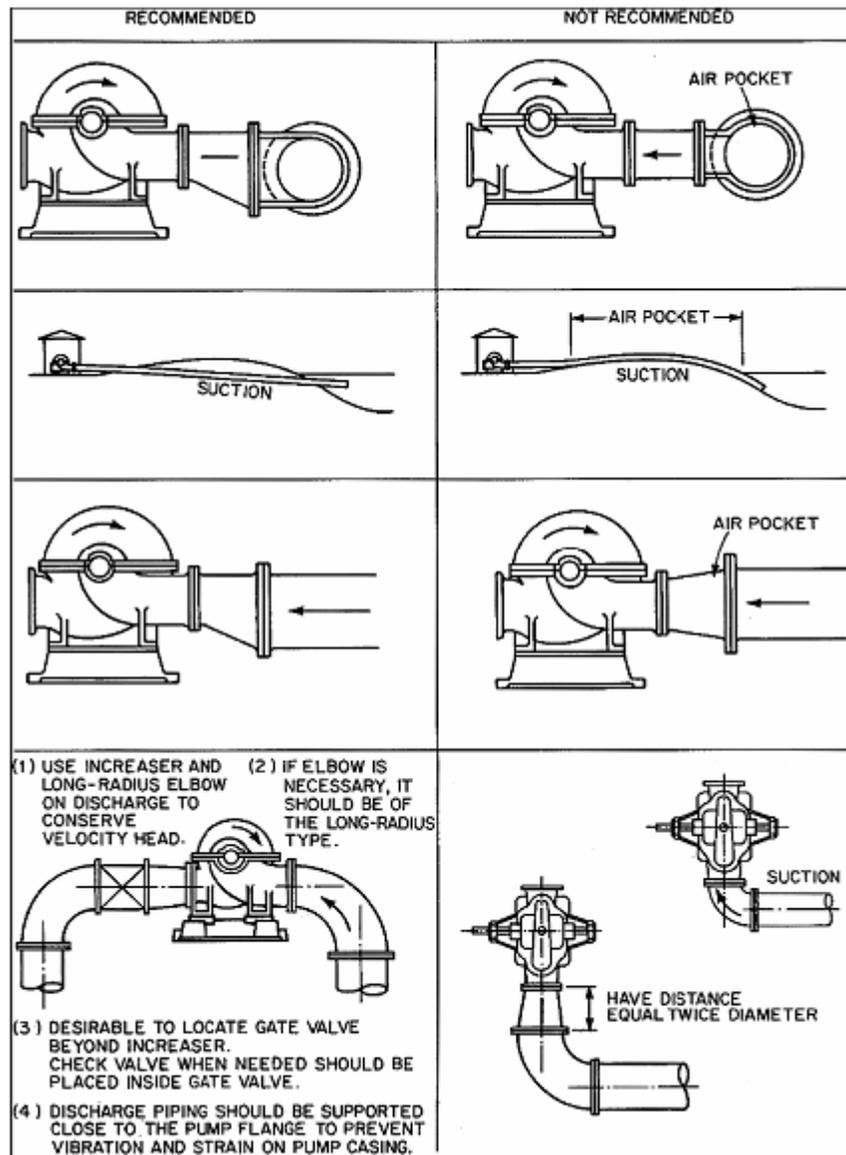


FIGURA 3.4

8. Procedimiento y descripción de las actividades a realizar

- Características de la bomba

$$Q = 820 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (3600 gpm)}$$

$$P = 2050 \text{ bar (30 psi)}$$

$$\text{Potencia} = 2774 \text{ KW (3720 HP)}$$

$$Q = \text{caudal}$$

$$P = \text{Presión}$$

- Calculo de los m.c.L. de la energía agregada por la bomba al sistema de tuberías.

$$Ea = 2774 \text{ KW}$$

$$1 \text{ Cv} = 735.4988 \text{ W}$$

$$Ea = \text{Energía agregada}$$

- Conversión de la energía agregada a Cv.

$$2774 \text{ KW} \left(\frac{1 \text{ Cv}}{735.4988} \text{ W} \right) = 3771.590 \text{ Cv}$$

$$Cv = \text{potencia en calderas de vapor}$$

- Despejar Ea de la siguiente ecuación.

$$Cv = \gamma Q Ea / 75n \quad \text{Suponer } n = 1 \text{ (100\%)}$$

$$Ea = 75Cv / \gamma Q$$

$$Ea = (75)(3771.590) / (1000)(0.228) = 1240.654 \text{ m.c.L.}$$

$$\gamma = \text{peso especifico en kgf/m}^3$$

SISTEMA DE TUBERIA

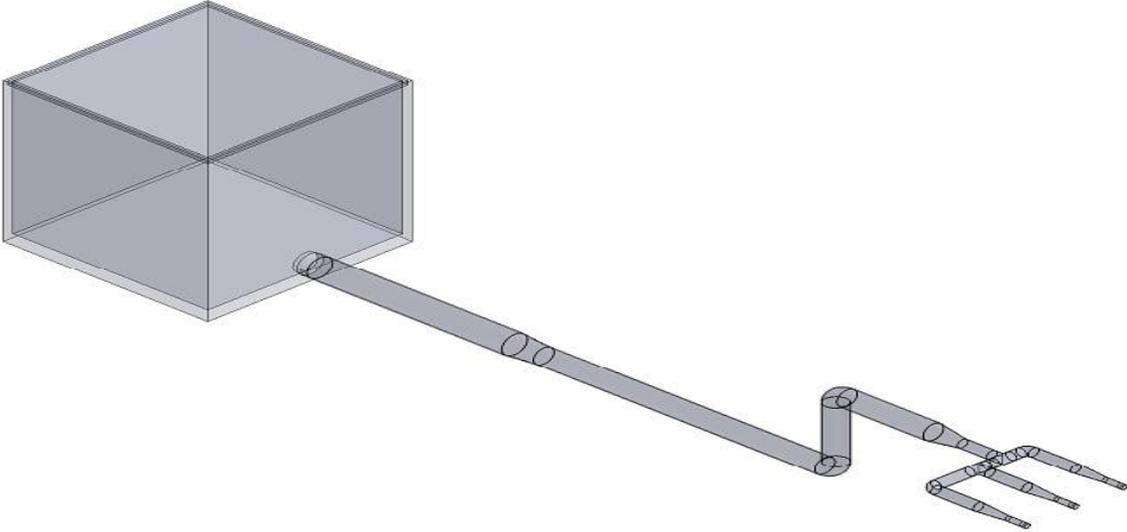
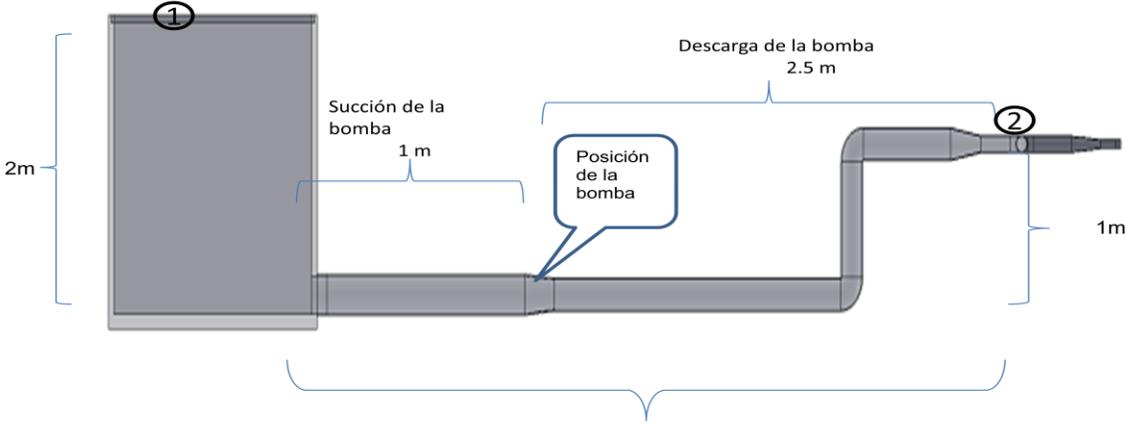


FIGURA 4.1



Tramo a calcular
FIGURA 4.2

➤ **Calculo de velocidades de succion y descarga y de la presion 2.**

$$P_1/\gamma + V_1^2/2g + z_1 + Ea = P_2/\gamma + V_2^2/2g + Z_2 + \text{perdidas}$$

Calculo de las perdidas por tramo de tuberia y accesorios

$$\text{Perdidas} = H$$

$$H = f_s \frac{L_s V_s^2}{D_s 2g} + K_s \frac{V_s^2}{2g} + f_d \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} + K_d \frac{V_d^2}{2g}$$

Calculo de los coeficientes de friccion f

Succion

$$\nu @ 35^\circ = 0.727 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_s = 820 \text{ m}^3/\text{h} = 0.228 \text{ m}^3/\text{s}$$

$D_s = 254.5 \text{ mm}$ Tub. Comercial de acero con Diametro nominal de 10 in, según cedula 40

$$V_s = \frac{4Q_s}{\pi D_s^2} = \frac{4(0.228)}{\pi(0.2545)} = 4.48197 \text{ m/s}$$

$$Res = \frac{V_s D_s}{\nu} = \frac{(4.48197)(0.2545)}{0.727 \times 10^{-6}} = 1.5689 \times 10^{-6}$$

$$\frac{\epsilon}{D_s} = \frac{0.006 \text{ cm}}{25.45 \text{ cm}} = 0.0002357$$

$f_s = 0.015$ según diagrama A-1 coeficientes de friccion f_s

ν = viscosidad cinematica

Q_s = caudal de succion

D_s = diametro de succion

Res = Reinold para la succion

ϵ = Valor de diseño para tuberia de acero o soldado

V = velocidades

Descarga

$$\nu @ 35^\circ = 0.727 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Q_d = 820 \text{ m}^3/\text{h} = 0.228 \text{ m}^3/\text{s}$$

$D_d = 202.7 \text{ mm}$ Tub. Comercial de acero con Diametro nominal de 8 in, según cedula 40

$$V_d = \frac{4Q_d}{\pi D_d^2} = \frac{4(0.228)}{\pi(0.2027)} = 7.0654 \text{ m/s}$$

$$Re_d = \frac{V_d D_d}{\nu} = \frac{(7.0654)(0.2027)}{0.727 \times 10^{-6}} = 1.96995 \times 10^6$$

$$\frac{\epsilon}{D_s} = \frac{0.006 \text{ cm}}{20.27 \text{ cm}} = 0.000296$$

$f_s = 0.014$ según diagrama A-1 coeficientes de fricción f_s

ACCESORIOS

SUCCION

Cantidad	Descripcion	K
01	deposito a tuberia	0.50
01	valvula de compuerta	0.19
Total		0.69

DESCARGA

Cantidad	Descripcion	K
01	Valvula compuerta	0.19
01	Valvula de retencion	2.50
02	codo estandar de 90	1.80
01	contraccion	0.37
Total		4.86

$$H = f_s \frac{L_s V_s^2}{D_s 2g} + K_s \frac{V_s^2}{2g} + f_d \frac{L_d V_d^2}{D_d 2g} + K_d \frac{V_d^2}{2g}$$

$$H = (0.015) \frac{(1) (4.48197)^2}{(0.2545) 2(9.806)} + (0.69) \frac{(4.48197)^2}{2(9.806)} + 0.014 \frac{(2.5) 7.0654^2}{(0.2027) 2(9.806)} + (4.86) \frac{(7.0654)^2}{2(9.806)}$$

$$H = 13.5764 \text{ m. c. L.}$$

Proceguimos a a calcular la presion 2

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + Ea = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \text{perdidas}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 0, \quad \frac{V_1^2}{2g} = 0 \quad \text{el deposito esta abierto a la admosfera, } V_1 \ll V_2$$

$$Z_1 - Z_2 = 1$$

$$(Z_1 - Z_2) + Ea = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + \text{perdidas}$$

$$1 + 1240.654 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{27.73^2}{2(9.806)} + 13.8055$$

$$P_2 = (1202.445)(\gamma)$$

$$P_2 = (1188.640)(9806)$$

$$P_2 = 11.655 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Segunda parte

Calculo de las velocidades y presiones en este tramo

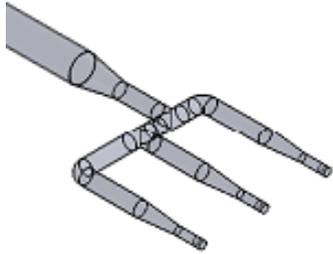


FIGURA 4.3

$$Q_T = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$V_a = V_b = V_c$$

$$P_T = P_a = P_b = P_c$$

$$Q_T = 0.228 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$D_1 = 102.3 \text{ m} ; \quad 4 \text{ in CEDULA 40}$$

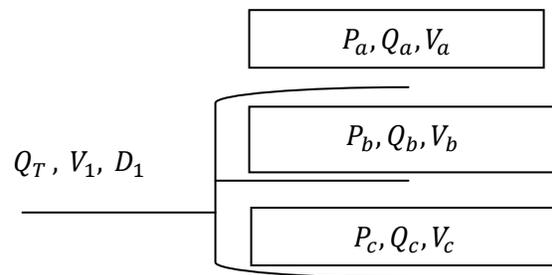
$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4(0.228)}{\pi(0.1023)^2} = 27.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_a = \frac{Q_T}{3} = \frac{0.228}{3} = 0.076 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_a = \frac{4Q_a}{\pi D^2} = \frac{4(0.076)}{\pi(0.1023)^2} = 9.2463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_b = 9.2463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_c = 9.2463 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$



Crear un sistema equivalente con una tubería en serie para el cálculo de las presiones en la sección 2, con $V = 9.2463 \text{ m/s}$, $Q = 0.228 \text{ m}^3/\text{s}$.

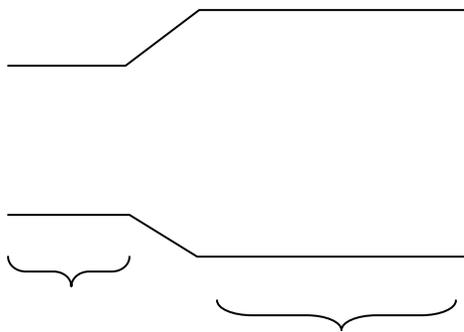
$$Q = AV ; \text{ por lo tanto } A = Q/V$$

$$A = \frac{0.228}{9.246} = 0.02465 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4}; \text{ por lo tanto } D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.0265)}{\pi}} = 0.177 \text{ m}$$

FIGURA 4.4



Perdida de carga por ensanchamiento brusco

$$\frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = \frac{(27.73 - 9.266)^2}{2 \times 9.806} = 17.383 \text{ m}$$

Sección 1

4" ced. 40; $D_1 = 0.1023 \text{ m}$,

$L = 1 \text{ m}$

Sección 2

$D_2 = 0.117 \text{ m}$ (diámetro equivalente) $L = 3 \text{ m}$

$$V_1 = 27.73 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V_2 = 9.266 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$R_{e1} = \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{(27.73)(0.1023)}{0.727 \times 10^{-6}} = 3.902 \times 10^6 \text{ turbulento}$$

$$\frac{\epsilon}{D_1} = \frac{0.006 \text{ cm}}{10.23 \text{ cm}} = 0.000587$$

$$f_1 = 0.031$$

$$R_{e2} = \frac{V_2 D_2}{\nu} = \frac{(9.266)(0.1023)}{0.727 \times 10^{-6}} = 2.255 \times 10^6 \text{ turbulento}$$

$$\frac{\epsilon}{D_1} = \frac{0.006 \text{ cm}}{17.70 \text{ cm}} = 0.0003$$

$$f_1 = 0.027$$

$$H = f_1 \frac{L_1 V_1^2}{D_1 2g} + \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} + f_2 \frac{L_2 V_2^2}{D_2 2g}$$

$$H = (0.031) \frac{(1) (27.73)^2}{(0.1023) 2(9.806)} + 17.383 + (0.027) \frac{(3) (9.266)^2}{(0.177) 2(9.806)}$$

$$H = 31.264 \text{ m}$$

Calculo de la presión en la tubería grande, esta presión es la misma que hay en cada una de las tres ramificaciones de la sección 2.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + Ea = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \text{perdidas}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + Ea = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \text{perdidas}$$

$$Z_1 - Z_2 = 0$$

$$Ea = 0$$

$$\frac{11.655 \times 10^6}{9806} + \frac{(27.73)^2}{2g} + 0 + 0 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(9.266)^2}{2g} + 0 + 31.264$$

$$P_2 = 11.690 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Calculo de velocidades y presiones en la sección 2.

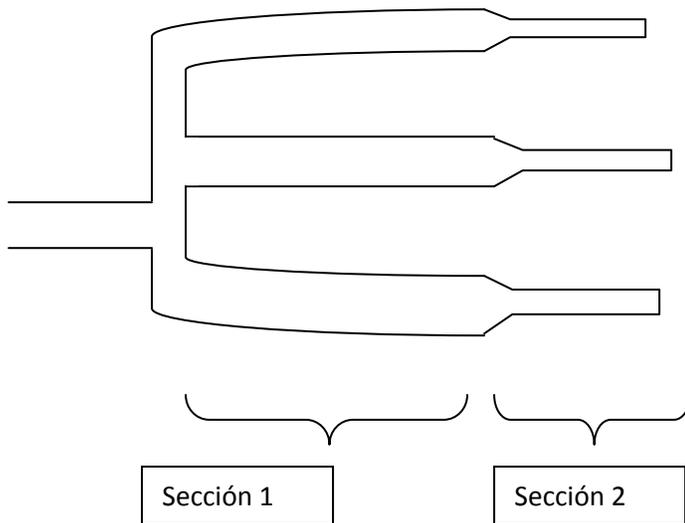


FIGURA 4.5

$D_2 = 0.0525 \text{ m}$; CEDULA 40 con medida nominal de 2 in.

$$Q_a = \frac{Q_T}{3} = \frac{0.228}{3} = 0.076 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$V_a = \frac{4Q_a}{\pi D^2} = \frac{4(0.076)}{\pi(0.0525)^2} = 35.1079 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Crear un sistema equivalente con una tubería en serie para el calculo de las presiones en la sección 2, con $V = 35.1079 \text{ m/s}$, $Q = 0.228 \text{ m}^3/\text{s}$.

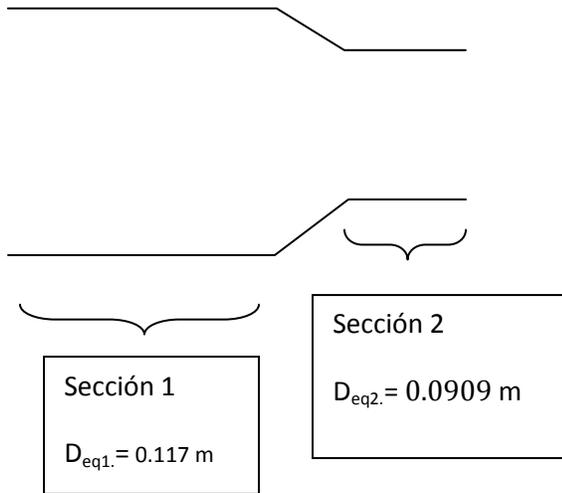
$$Q = AV \text{ ; por lo tanto } A = Q/V$$

$$A = \frac{0.228}{35.1079} = 0.00649 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \text{ ; por lo tanto } D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4(0.00649)}{\pi}} = 0.0909 \text{ m}$$

FIGURA 4.6



Contracción brusca

$$\frac{D_{eq1}}{D_{eq2}} = \frac{0.117}{0.0909} = 1.287$$

$$K = 0.08$$

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 + Ea = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + H$$

$$V_1 = 9.266 \frac{m}{s}$$

$$H = K \frac{V_1^2}{2g} = 0.08 \frac{(9.266)^2}{2 \times 9.806} = 0.350 \text{ m}$$

$$\frac{11.690 \times 10^6}{9806} + \frac{(9.266)^2}{2g} + 0 + 0 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{(35.1079)^2}{2g} + 0 + 0.350$$

$$P_2 = 11.113 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Calculo de las velocidades en la última sección

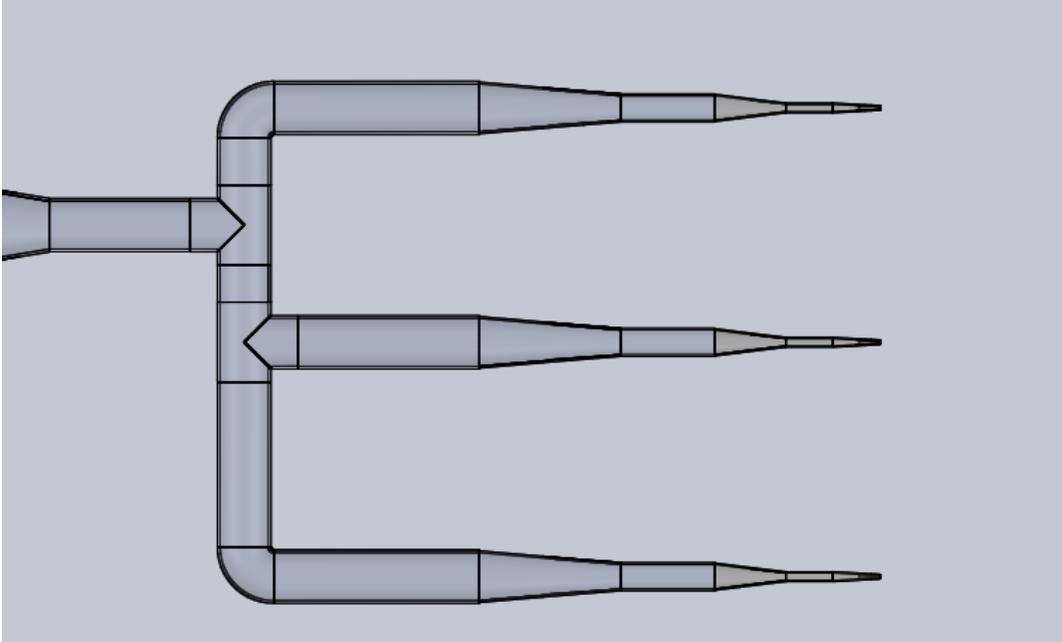


FIGURA 4.7

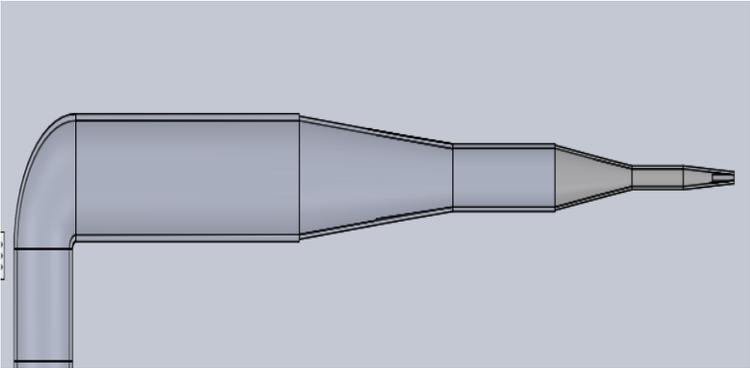


FIGURA 4.8

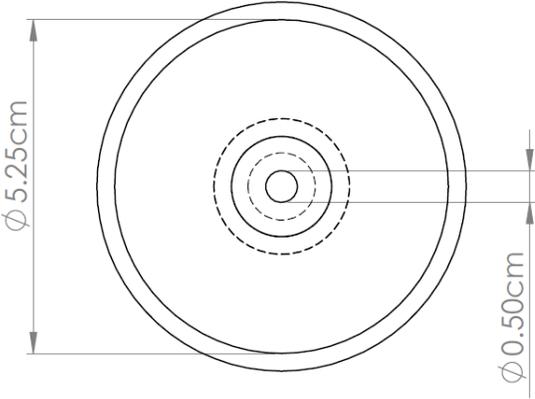


FIGURA 4.9

Las medidas de los diámetros de salida son los siguientes

$$D_{salida} = 5 \text{ mm}$$

El caudal para cada una de las salidas es la división del caudal total entre tres

$$Q_{salida} = \frac{Q_T}{3} = \frac{0.228}{3} = 0.076 \frac{m^3}{s}$$

$$V_{salida} = \frac{4Q_a}{\pi D^2} = \frac{4(0.076)}{\pi(5 \times 10^{-3})^2} = 3870.640 \frac{m}{s}$$

Las presiones se desprecian en esta parte debido a que las secciones de las tuberías son pequeñas y por consiguiente la presión se reduce drásticamente.

9. Resultados, planos, gráficas, prototipos, maquetas, programas, entre otros

Se eligió el Software Solidworks para hacer las respectivas simulaciones.

El fluido utilizado fue agua con temperatura a 35° el material de la tubería es acero

Imágenes de la simulación de las velocidades del sistema en el programa Solidworks.

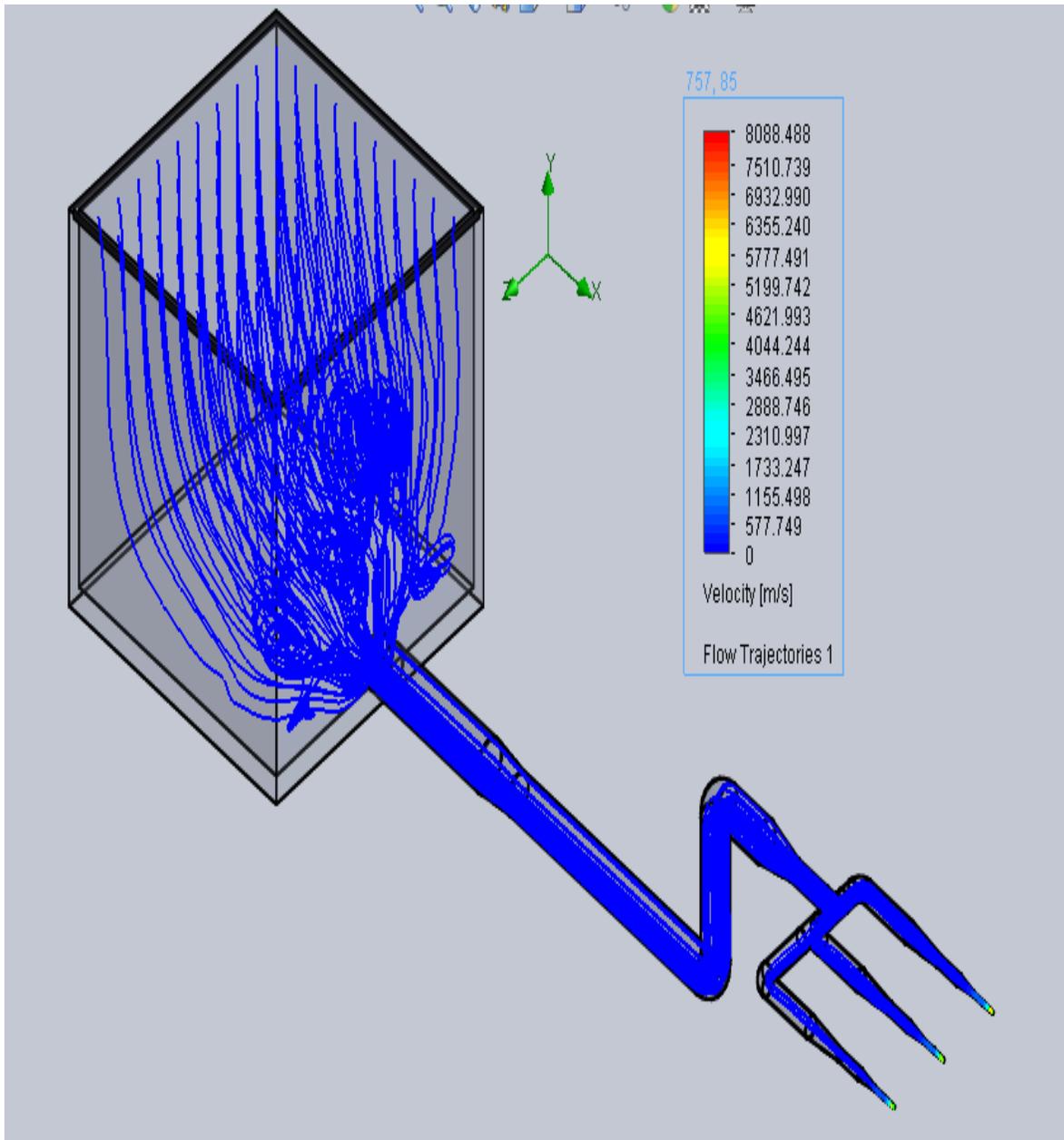


FIGURA 5.1

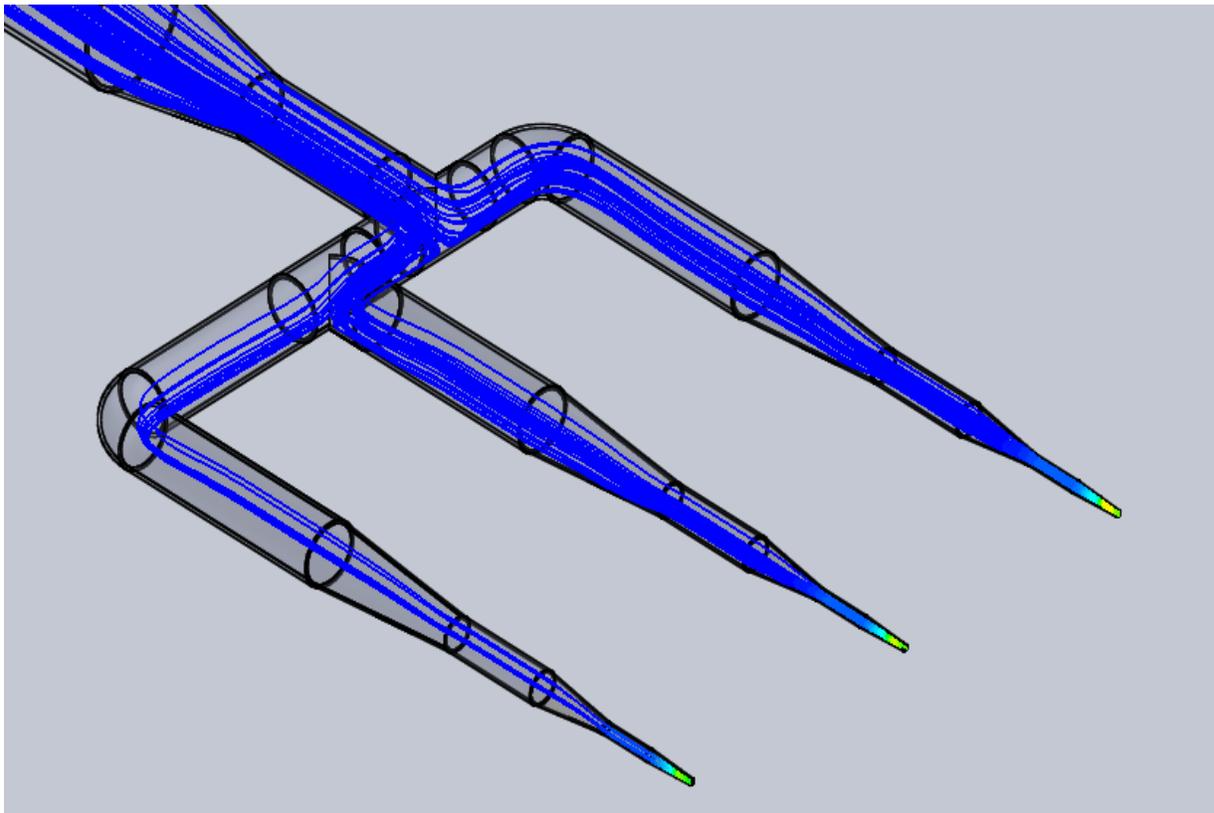


FIGURA 5.2

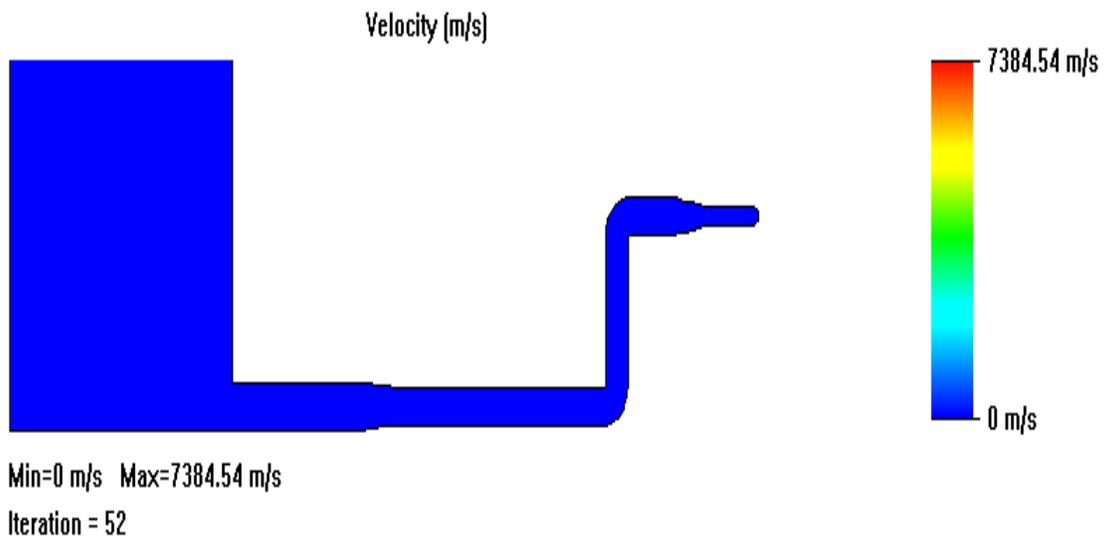


FIGURA 5.3

Velocidades maximas y minimas del sistema.

Imágenes de la simulación de presiones del sistema en el programa solidworks.

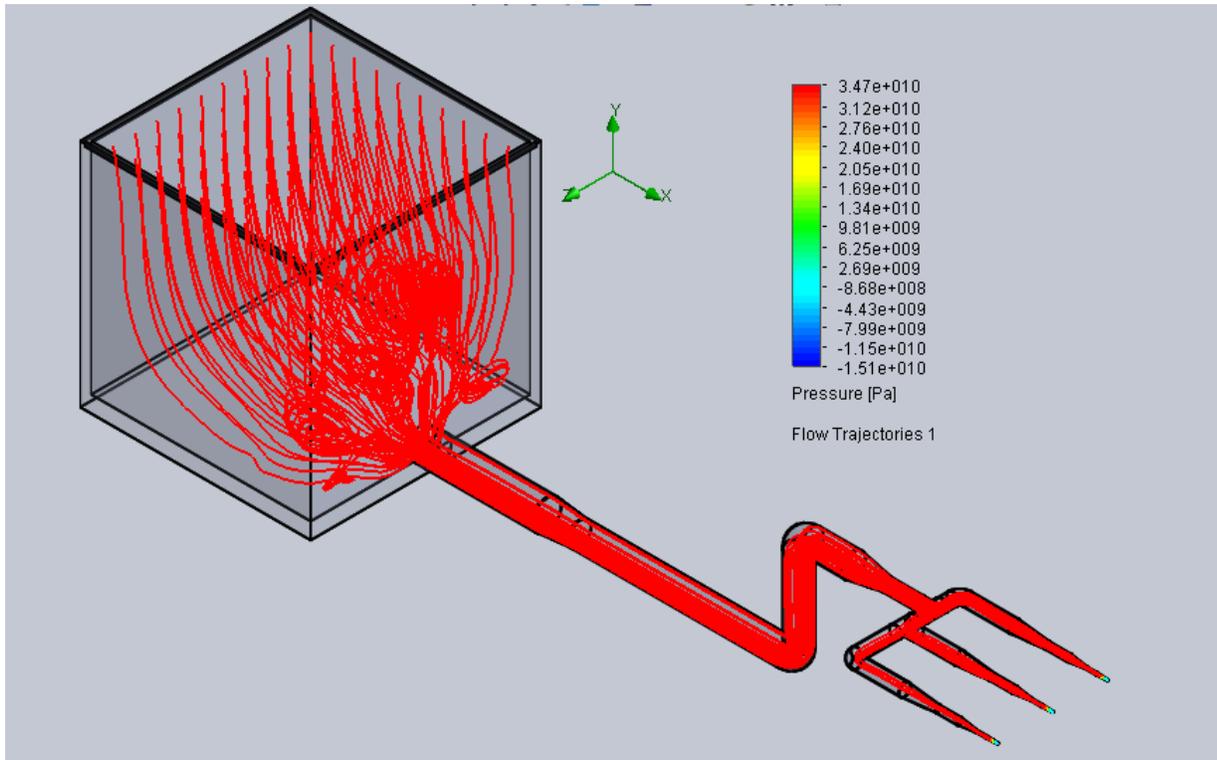
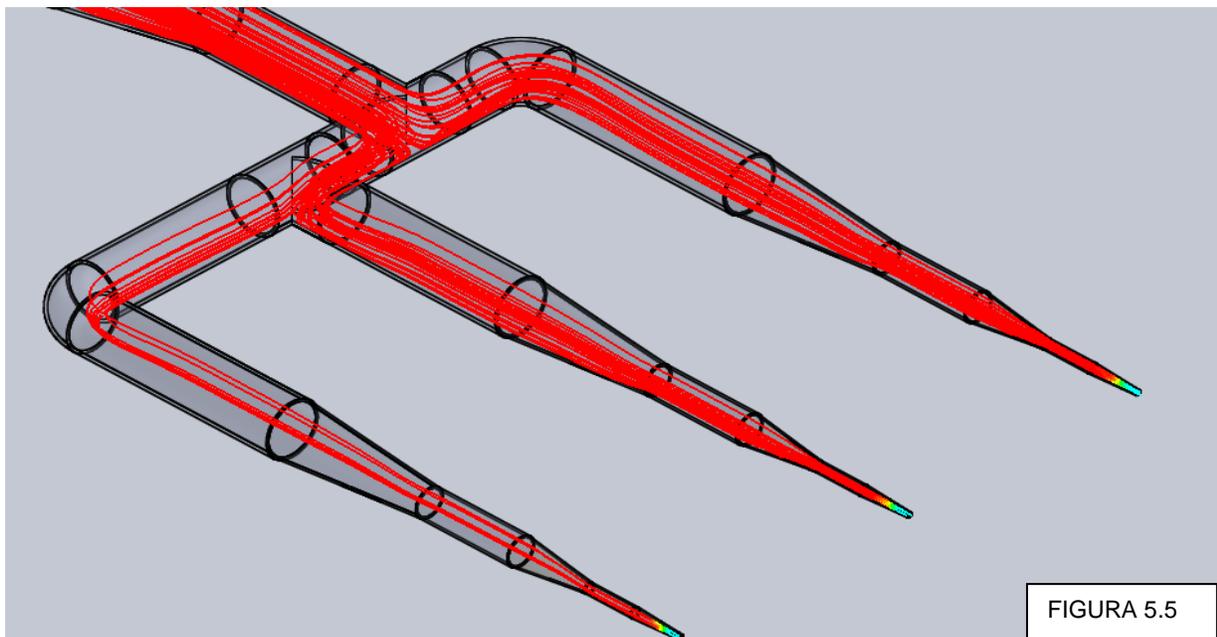


FIGURA 5.4



Presiones máximas y mínimas en el sistema.

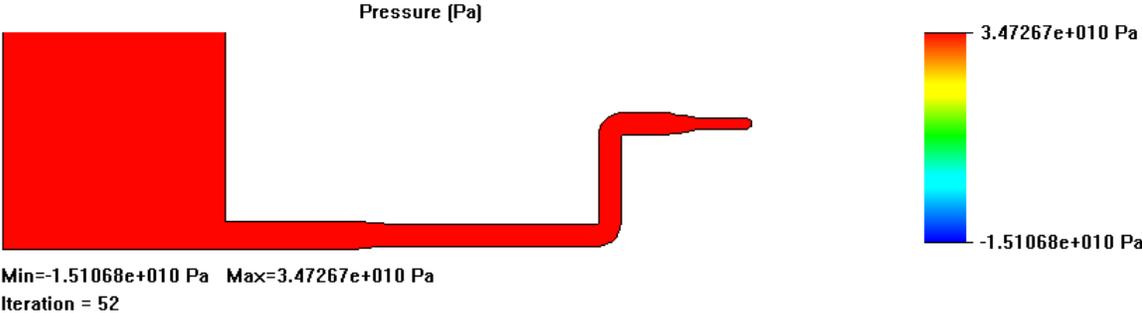


FIGURA 5.6

10. Conclusión y recomendaciones

Los cálculos obtenidos analíticamente y los obtenidos por el programa Solidworks no difirieron demasiado por lo que concluimos que los cálculos son aceptables.

Las presiones máximas no repercuten en la tubería debido a que el acero puede soportar presiones muy altas, además se eligió el espesor más grande comercialmente (según cedula 40) para evitar problemas de deformación en la tubería.

Las velocidades alcanzadas son suficientes para cortar la piedra caliza ya que esta no tiene gran dureza a comparación con el metal, y al considerar este factor también se evitó el uso de algún abrasivo, el cual solo se utiliza para materiales duros como el acero.

Durante el proceso de simulación en solidworks era necesario utilizar una bomba hidráulica y otros accesorios como válvulas, pero para obtener estos se debían de extraer de paginas externas al programa y al importarlas a solidworks se restringía modificar sus dimensiones y como estos accesorios provenían de diferentes fuentes no coincidían sus diámetros y por consecuente impedía el ensamble de dichas piezas, por lo que se opto por no utilizar accesorio y en cambio solo se introdujeron parámetros como presión, caudal, diámetros de tubería y velocidades para hacer dicha simulación, pero en el análisis matemático si se tomaron en cuenta y se pudo concluir que las variaciones eran pocas a lo que respecta a velocidades y presión comparadas con los datos arrojados de la simulación debido a que el tramo de tubería era muy corta y estas perdidas por accesorios eran despreciables comparada a la energía que se generaba en el sistema de tubería.

11. Bibliografía

- ✓ Merle C. Potter y David C. Wiggert. 3ª edición. Mecánica de Fluidos. Editorial CIENCIAS E INGENIERIAS, México.
- ✓ Víctor L. Streeter, E. Benjamín Wylie y Keith W. Bedford. 2000. 9ª edición. Mecánica de fluidos. Editorial Mc. Graw Hill, México.
- ✓ Claudio Mataix 1986. 2ª edición. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. Editorial Ediciones del Castillo S.A. Madrid, México.
- ✓ Gilberto Sotelo Ávila. 1997. 1ª edición. Hidráulica General. Editorial Limusa, México.
- ✓ Cirilo Joaquín Guerrero. Rocas calizas: Formación, ciclo del carbonato, propiedades, aplicaciones, distribución y perspectivas en la Mixteca Oaxaqueña. En: "Temas de Ciencia Y Tecnología", Numero. 14, Vol. 5, Mayo-Agosto 2001. Pp. 3-14.

12. Glosario

Abrasivo: Que desgasta o pule por fricción, especialmente una superficie; Material duro que sirve para pulir, cortar o afilar otro material más blando.

Piedra caliza: Roca blanda cuyo principal constituyente es carbonato de calcio. La mayor parte de las piedras calizas es de origen orgánico, formadas de esqueletos o conchas de animales marinos. La piedra caliza se utiliza en industrias; de ella se obtiene cal por el llamado proceso de calcinación y se emplea en la fabricación de vidrio y cemento.

Trascabos: Es un cargador de pala frontal utilizado para mover o cargar materiales, tiene una función similar a la retroexcavadora en cuanto a trabajo, la diferencia es que tiene mayor fuerza.

Trituración: Acción que consiste en partir o desmenuzar en trozos pequeños una materia sólida, pero sin llegar a convertirla en polvo.

Oxido de calcio: Entendemos por óxido de calcio (CaO): Compuesto formado por la calcinación de Creta o mármol y utilizado a veces en la preparación de pastas cáusticas. También llamado cal, cal viva.

Sistema hidráulico: El sistema hidráulico trabaja en base al principio de fluido a presión forzando la acción mecánica. A uno de estos sistemas instalado en una máquina se le llama "circuito hidráulico". Estos circuitos están compuestos de una bomba para comprimir el fluido, líneas para llevarlo, un cilindro donde se bombea el líquido y un pistón movido por el mismo a presión en el cilindro. El sistema hidráulico también puede accionar ejes para motores hidráulicos y cintas transportadoras.

Bomba hidráulica: Una bomba Hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía hidráulica del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se

aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli.

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

Mineral dolomita: Mineral denominado así en honor al geólogo francés Déodat Gratet de Dolomieu. Es un mineral carbonatado " $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ " en el que, a menudo, pequeñas cantidades de hierro, manganeso o calcio reemplazan en parte al magnesio; el cobalto, zinc, plomo y bario, que también reemplazan el magnesio, son difíciles de encontrar. La dolomita es por lo general, blanca o incolora, con densidad relativa de 2.9 y una dureza de 3.5 a 4 en la escala de Mohs. Se la puede distinguir de la calcita por su reacción extremadamente lenta con ácido diluido y frío.

Velocidad del sonido: El valor más conocido de la velocidad del sonido es el referido a la propagación de una onda en el aire en condiciones estándar y corresponde a 342 m/s (unos 1.230 km/h).

Energía mecánica: La energía mecánica es la energía que presentan los cuerpos en razón de su movimiento (energía cinética), de su situación respecto de otro cuerpo, generalmente la tierra, o de su estado de deformación, en el caso de los cuerpos elásticos. Es decir, la energía mecánica es la suma de las energías potencial (energía almacenada en un sistema), cinética (energía que surge en el mismo movimiento) y la elástica de un cuerpo en movimiento.

13. anexos

13.1 Anexo 1 Cronograma de Actividades

Actividad	Semana															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Investigación y recolección de información de diferentes fuentes.	■	■	■													
Estudio y análisis de las condiciones en las que operara el cortador de piedra caliza.				■	■	■	■									
Selección de Bomba.								■								
Diseño del sistema de tuberías.									■	■						
Simulación.											■	■	■	■		
Conclusión y revisión.															■	■

13.2 anexo 2 Mapa conceptual de Fundamento teórico

13.3 Anexo 3 Otros anexos referentes al proyecto