



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA.

“REDISEÑO DE UNA PERFORADORA HIDRÁULICA PARA MAYOR
PROFUNDIDAD DE POZOS DE AGUA EN JAYANCA – 2016”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA**

AUTOR:

EMERSON RENE MORI NAVARRO

ASESOR:

Ing. JAMES SKINNER CELADA PADILLA

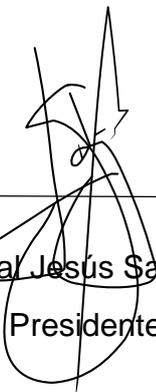
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO

CHICLAYO – PERÚ

2016

PÁGINA DE JURADO



Ing. CIP Anibal Jesús Salazar Mendoza
Presidente.



Ing. CIP Luis Fernando Chapoñan Rimachi
Secretario



Ing. CIP Carlos Luciano Burga Fernández
Vocal

DEDICATORIA

Dedico a Dios, quien me inspiro a mi espíritu y me guio por el camino para la conclusión de esta tesis.

A mis padres quienes me inculcaron buenos consejos y valores, con su amor me han dado todo lo que soy como persona.

A mis hermanos por su apoyo moral, a mis maestros, quienes me ayudaron a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la salud que me ha dado para concluir mis metas, dándome ánimo y fuerzas para seguir adelante.

A mis padres cesar y rosa por enseñarme el ejemplo de trabajo a seguir y colaboración hacia los demás, palabras de aliento, los consejos que me guían en mi vida.

A la universidad por darme la oportunidad de seguir estudiando una carrera y por la experiencia en la enseñanza para ser buenas personas como profesionales.

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Emerson Rene Mori Navarro, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica, identificado con DNI 45128515, Con la tesis titulada “Rediseño de una Perforadora Hidráulica para mayor Profundidad de Pozos de agua en Jayanca – 2016”.

Declaro que:

- La tesis es veraz de mi propia autoría.
- He respetado las normas, el iso para las referencias. Por tanto, este proyecto de tesis es totalmente autentica.
- En los procedimientos realizados no ha tenido un auto plagio; es decir, un duplicado de otras tesis.
- Los correspondientes datos de los resultados son verdaderos, a corde a la realidad investigativa.

De tal manera si se identificara alguna falta, auto plagio y falsedad, me someto a las normas establecidas vigentes de la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, junio del 2016



Emerson Rene Mori Navarro.
DNI: 45128515

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

Respetando las normas establecidas vigentes de grados y títulos de la facultad de ingeniería de la Universidad Privada Cesar Vallejo. Presento este trabajo titulada: **“REDISEÑO DE UNA PERFORADORA HIDRÁULICA PARA MAYOR PROFUNDIDAD DE POZOS DE AGUA EN JAYANCA – 2016”**. En la actualidad hay grandes lugares que se desarrolla una población, pero tiene uno de los factores principales concerniente a la agricultura, por la escases de agua y que afecta mucho a las necesidades básicas de la población, el desarrollo muestra el trabajo de investigación en mención de los diferentes sistemas mecánicos de la máquina perforadora hidráulica, como su principal fuente de alimentación la energía hidráulica, obteniendo los cálculos de los esfuerzos mecánicos y fuerzas hidráulicas.

Basándose en los diferentes conocimientos adquiridos en la universidad, lo cual anhelo que cumpla los requisitos para la aprobación y obtener el Título Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista.

Autor.

Emerson Rene Mori Navarro

Índice

PÁGINA DEL JURADO.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	vii
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I.INTRODUCCIÓN.....	18
1.1. Realidad Problemática.....	18
1.1.1. Realidad Problemática internacional.....	18
1.1.2. Realidad Problemática Nacional.....	18
1.1.3. Realidad Problemática Local.....	19
1.2. Trabajos previos.....	19
1.3. Teorías Relacionadas al Tema.....	21
1.3.1. Los yacimientos de agua subterránea.	21
1.3.2. Distribución del agua del subsuelo.	22
1.3.3. Porosidad en las rocas.....	22
1.3.4. Propiedades de la muestra roca.	23
1.3.5. Movimiento del agua a través del suelo.	24
1.3.6. Ley de Darcy.	26
1.3.7. Gradiente hidráulico.....	26
1.3.8. Capacitación de agua subterránea.....	27
1.3.9. Sondeos.....	27
1.3.10. Métodos de perforación y útiles principales.....	29
1.3.11. La perforadora.....	30
1.3.12. Clasificación de los equipos de perforación.....	30
1.3.13. Presión.....	33
1.3.14. Esfuerzos.....	34
1.3.15. Ley de Hooke.....	35
1.3.16. Fuerza cortante y de momentos en vigas.....	35

1.3.17. Flexión.....	36
1.3.18. Circulo de Mohr.....	37
1.3.19. Deflexión de vigas.....	37
1.3.20. Velocidad de Rotación.....	38
1.3.21. Resistencia a la compresión.....	38
1.3.22. Sistema de evacuación del Detritus.....	38
1.3.23. Calculo de la fuerza de tensión.....	40
1.3.24. Broca de Carga y la rotación del Trícono.....	41
1.3.25. Formación de fractura por debajo de una broca.	43
1.3.26. Sistema de varillaje de extensión.....	46
1.3.27. Nivelación.....	50
1.4. Formulación del Problema	52
1.5. Justificación del estudio.....	52
1.6. Hipótesis.....	52
1.7. Objetivos.....	52
II. Método.....	53
2.1. Diseño de investigación.....	53
2.2. Variables, operacionalizacion.....	53
2.3. Población y Muestra.....	52
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, valides y confiabilidad. 55	
2.4.1. Técnicas.....	55
2.4.2. Instrumentos para la recolección de datos.....	56
2.4.3. Valides y confiabilidad de los instrumentos.....	56
2.5. Métodos de análisis de datos.....	56
2.6. Aspectos éticos.....	57
III. RESULTADOS.	
3.1. Diagnosticar el estado de operatividad de la perforadora hidráulica, para lograr mayor profundidad de pozos de agua en Jayanca.....	57
3.1.1. Torre de perforación.	57
3.1.2. Chasis (bastidor).....	58
3.1.3. Estabilizadores de la estructura portante.	59
3.1.4. Unidadde Potencia Mecánica.	60
3.1.5 Unidad de potencia hidráulica.	61

3.1.6 Válvulas.	62
3.1.7 Cilindros hidráulicos.	62
3.1.8 Hidrómotor.	63
3.1.9 Mesa rotaria.....	64
3.1.10 Bomba de lodos.	64
3.1.11 Diagrama de flujo de la perforadora hidráulica.	65
3.2 Cálculo de la profundidad de pozos de agua.	68
3.2.1 Diseño de la perforadora.	68
3.2.2 Macizo rocoso.	68
3.2.3 Velocidad de rotación de la mesa rotatoria (rpm).	68
3.2.4 Magnitud o empuje sobre la roca.	68
3.2.5 Diámetro del barreno.	69
3.2.6 Velocidad y el Caudal del fluido de perforación necesario para la evacuación del detritus.	69
3.2.7 El bastidor.	70
3.2.8 Calculo de las cargas aplicadas.	71
3.2.9 Carga aplicada en momento de ascender y descender la mesa rotatoria.	73
3.2.10 Cálculo de esfuerzos.	74
3.2.11 Diseño del Tricono.	82
3.2.12 Velocidad de penetración.	84
3.2.13 Potencia de rotación.	84
3.2.14 Tubería de perforación.	85
3.2.15 Determinar carga aplicada a la tubería de perforación.	85
3.2.16 Cálculo de esfuerzos a la tubería de perforación.	87
3.2.17 Elección del Cilindro o pistón hidráulico de elevación.	90
3.2.18 El Remolque.	91
3.2.19 Nivelación del Remolque.	92
a) Elección del cilindro o pistón hidráulico para la nivelación del remolque.	95
3.2.20 Elección de la presión Hidráulica.	97
3.2.21 Elección del motor Hidráulico.	98
3.2.22 Elección de la bomba Hidráulica.	98

3.2.23 El Panel de control	98
3.2.24 La unida de potencia.	98
3.2.25 Bomba de lodos.	99
3.2.26 Esquema Hidráulico.	99
3.3 Diseñar la perforadora hidráulica.	99
3.4 Evaluar la factibilidad económica.	104
IV. DISCUSIÓN:	108
V. CONCLUSION:	111
VI. RECOMENDACIONES.	112
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	113
ANEXOS.	117
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.	
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV.	

INDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1: Diagrama de flujo de la perforadora hidráulica.	66
Diagrama 2: Diagrama de fuerza cortante y fuerza flexionante.	75
Diagrama 3: Diagrama de fuerza cortante y fuerza flexionante.	78

INDICE DE PLANOS

Plano 1: Medias del chasis.	100
Plano 2: Medias de la estructura.	101
Plano 3: Partes de la perforadora hidráulica.	102

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1: El circuito hidráulico.	121
---	-----

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1: Perforación manual.....	30
Imagen 2: Torre de perforación	58
Imagen 3: Deslizadores	58
Imagen4: Chasis de la perforadora Hidráulica	59
Imagen 5: Traslado de la perforadora hidráulica.	59
Imagen 6: Puntos de apoyo.	60
Imagen 7: Colocación del teclé de arco para ubicar los estabilizadores.	60
Imagen 8: Unidad de potencia mecánica.	61
Imagen 9: Bomba hidráulica.	61
Imagen 10: Válvulas.	62
Imagen 11: Cilindro hidráulico.	63
Imagen 12: Motor hidráulico.	63
Imagen 13: Mesa rotaria	64
Imagen 14: Pruebas realizadas con el tacómetro	64
Imagen 15: Bomba de lodos	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Corriente influente y efluente	21
Figura 2: Pozo perforado hasta la tabla de agua.....	22
Figura 3: Gradiente Hidráulico	27
Figura 4: Disposición de elementos de la perforadora neumática.	31
Figura 5: Esquema de una pequeña máquina de perforación a percusión.	32
Figura 6: Esquema de perforación a rotación con circulación inversa.	33
Figura 7: Esfuerzo normal promedio en una barra cargada axialmente.	34

Figura 8: Esfuerzo cortante promedio en una Barra.	35
Figura 9: Fuerza cortante y momentos en una viga.	36
Figura 10: Variación del esfuerzo flexionantes.	36
Figura 11: Circulo de Mohr.	37
Figura 12: Curva elástica	37
Figura 13: El rascado de la roca por una herramienta de arado	44
Figura 14: Nomenclatura de Trícono.	44
Figura 15: Rotura de la roca, empuje excesivo.	47
Figura 16: Gato hidráulico.	51
Figura 17: Estructura.	74
Figura 18: Diagrama de fuerza cortante y momento flector.	75
Figura 19: Diagrama de fuerza cortante y momento flector.	78
Figura 20: Diagrama de fuerza cortante y momento flector.	80
Figura 21: Estructura.	81
Figura 22: Tipo de tricono de insertos.	83
Figura 23: El circulo de Mohr.	90
Figura 24: Fuerza aplicada en el remolque	92
Figura 25: Fuerza aplicada en el remolque.....	93
Figura 26: Fuerza aplicada en el remolque.	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Porcentajes de porosidad en las rocas.	23
Tabla 2: Intervalos de porosidad representativa para materiales sedimentarios. .	23
Tabla 3: Clasificación del tipo de rocas	24

Tabla 4: Velocidad de rotación según el tipo de roca.	38
Tabla 5: Fuerza de empuje mínima según el tipo de roca.	38
Tabla 6: Velocidad ascensional del fluido según el tipo de roca	39
Tabla 7: Área de sección anular para la circulación del fluido.	40
Tabla 8: Recomendado cargas y velocidades de bits giratorios para Tricono.	41
Tabla 9: Explicación de cuatro dígitos en el código del IADC	42
Tabla 10: Clave del primer dígito del código IADC.	42
Tabla 11: Clave para el segundo dígito del código IADC.	42
Tabla 12: Clave para el tercer dígito del código IADC.	43
Tabla 13: Clave para el cuarto dígito del código IADC	43
Tabla 14: Peso de materiales por unidad de volumen	45
Tabla 15: Potencia de rotación según el tipo de roca.	46
Tabla 16: La tabla proporciona datos para la sarta de perforación.	47
Tabla 17: Valores límites para el Tricono de los diferentes diámetros.	48
Tabla 18: Cuadro de variables.	54
Tabla 19: Densidad de terrenos.	72
Tabla 20: Tabla de secciones y áreas.	73
Tabla 21: Dimensión del Tubo.	74
Tabla 22: Mantener WOB más alto en una velocidad normal.	83
Tabla 23: La tabla proporcionan datos para la sarta de perforación.	85
Tabla 24: Cuadro corporativo.	103
Tabla 25: Equipos y estructuras.	104
Tabla 26: Trabajos de perforación.	104
Tabla 27: Mantenimiento.	105

Tabla 28: Gastos del personal.	105
Tabla 29: Combustible.	105
Tabla 30: Gastos de transporte e instalación.	105
Tabla 31: Flujo financiero.	106
Tabla 32: Ingresos.	106
Tabla 33: VAN y TIR.	106
Tabla 34: Beneficio costo.	107
Tabla 35: Diámetro de cilindro hidráulico.	122

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Fórmula para el cálculo de movimiento de agua en la zona saturada a través del suelo.
Ecuación 2: Fórmula para el cálculo de línea de corriente de flujo entre dos puntos.
Ecuación 3: Fórmula para el cálculo de fuerza que se aplica sobre un émbolo.
Ecuación 4: Fórmula para el cálculo del esfuerzo normal.
Ecuación 5: Fórmula para el cálculo del esfuerzo cortante promedio.
Ecuación 6: Fórmula para el cálculo del esfuerzo y la deformación dentro de la región elástica.
Ecuación 7: Fórmula para el cálculo de fuerza cortante y momentos en vigas.
Ecuación 8: Fórmula para el cálculo de la flexión.
Ecuación 9: Fórmula para el cálculo del esfuerzo normal y cortante.
Ecuación 10: Fórmula para el calcular la deflexión en vigas.
Ecuación 11: Fórmula para el calcular la resistencia a la compresión.
Ecuación 12: Fórmula para el calcular la velocidad de fluido.
Ecuación 13: Fórmula para el calcular el caudal del fluido.
Ecuación 14: Fórmula para calcular el peso del tubo.
Ecuación 15: Fórmula para calcular el peso óptimo de la broca.
Ecuación 16: Fórmula para calcular el peso del terreno.
Ecuación 17: Fórmula para calcular el peso que ejerce el lodo sobre la broca.
Ecuación 18: Fórmula para calcular la fuerza de tensión aplicada en el cabezal

de rotación.

Ecuación 19: Fórmula para calcular el par resistente de la roca.

Ecuación 20: Fórmula para calcular la velocidad de penetración.

Ecuación 21: Fórmula para calcular la potencia de rotación para hacer girar el tricono.

Ecuación 22: Fórmula para calcular el empuje mínimo del tricono.

Ecuación 23: Fórmula para calcular el empuje máximo del tricono.

Ecuación 24: Fórmula para calcular el empuje límite del tricono.

Ecuación 25: Fórmula para calcular la fuerza debido al peso de la tubería y componentes.

Ecuación 26: Fórmula para calcular la fuerza de corte debido al par torsor al motor de giro.

Ecuación 27: Fórmula para cálculo fuerza de corte debido al rozamiento de las partículas de la broca.

Ecuación 28: Fórmula para calcular la masa del suelo en contacto con la tubería de perforación.

Ecuación 29: Fórmula para cálculo de la fuerza de corte por el peso de las partículas de roca.

Ecuación 30: Fórmula para calcular las fuerzas internas de la tubería por la presión hidráulica del lodo.

Ecuación 31: Fórmula para calcular la fuerza de corte por el rozamiento de las partículas sobre la broca.

Ecuación 32: Fórmula para calcular el método Von Mises.

Ecuación 33: Fórmula para calcular el área de la sección.

Ecuación 34: Fórmula para calcular el momento de inercia a un tubo.

Ecuación 35: Fórmula para calcular el esfuerzo normal por el empuje que se aplica a la roca

Ecuación 36: Fórmula para calcular la fuerza del pandeo.

Ecuación 37: Fórmula para calcular el momento de inercia de área de la sección transversal del tubo.

RESUMEN

El presente trabajo de tesis titulado ““REDISEÑO DE UNA PERFORADORA HIDRÁULICA PARA MAYOR PROFUNDIDAD DE POZOS DE AGUA EN JAYANCA – 2016”, se ha descrito los yacimientos de agua subterránea, la captación de agua subterránea, los sondeos, métodos de perforación, para el diseño de la perforadora hidráulica se ha basado en la muestra, representativa, prototipo, construida de acuerdo al diseño de Hayden, mostrando los detalles y problemas que tiene esta máquina al momento de transporte y perforación, seguido una secuencia de recopilación de datos, que pueda ser empleada en la construcción de pozos de agua como elemento vital para el desarrollo del hombre y servicio agrícolas, con diámetro promedio de 101.6 mm y con un alcance máximo de 200 m de profundidad, asimismo se realizaron los cálculos en los diferente puntos importantes de la máquina de perforación, en la tubería o varillaje de perforación, la broca o trepano, la estructura y transporte. Finalmente se presentan la factibilidad económica del rediseño de la perforadora hidráulica.

Palabras claves: Factibilidad económica, perforadora hidráulica.

ABSTRACT

The present dissertation paper entitled "REDESIGNING A HYDRAULIC DRILL FOR GREATER WATER DEPTH IN JAYANCA - 2016" has described the groundwater reservoirs, the abstraction of groundwater, the drilling, drilling methods, for the Redesign of the hydraulic drilling rig has been based on the sample, representative, prototype, built according to Hayden's design, showing the details and problems that this machine has at the time of transportation and drilling, followed by a sequence of data collection, which can To be used in the construction of water wells as a vital element for the development of man and agricultural service for the country, with an average diameter of 101.6 mm and a maximum range of 200 m depth, also the calculations were made in the different points Important of the drilling machine, in the frame, in the pipe or drill rod, the drill or trepano, the mud pump for circulation, structure and transportation. Finally the economic feasibility of the redesign of the hydraulic drilling machine is presented.

Keywords: economic feasibility, hydraulic drilling.

I INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática.

1.1.1 Realidad problemática internacional.

Para algunos procesos repetitivos que requieren un rendimiento constante, tal como la perforación para pozos, hoy en día la industria está viendo a la tecnología mejorar a pasos agigantados. El sistema Control por Radio Automatizado Avanzado del Vector para Perforadora Gírotoria es uno de estos sistemas mundiales. Luego llevaron la tecnología un paso más allá y crearon diferentes niveles de sofisticación para el sistema de control de perforación. Un sistema de manejo para máquinas de perforación que proporciona a los usuarios datos de producción, datos de la condición de la máquina y posicionamiento GPS. El gran beneficio de este sistema, una mejor fragmentación y aumentos de productividad del 20% al 30%. (Fiscor, 2012).

1.1.2 Realidad problemática nacional.

La revista Tecnología Minera (TM), publicó de cómo evaluar el panorama actual del sector industrial en maquinaria de perforación del Perú.

Existen escenarios que son importantes de resaltar: Primero, que estamos en una situación de baja en los precios de mineral, esto significa que básicamente, todos los proyectos que no se han puesto en operación en estos últimos seis años, serán más complejos que puedan ser operativos en los próximos años por la dinámica que tienen la duración de los proyectos industriales.

Se refiere a que el capital de riesgo que se usa en toda exploración cuesta más. Entonces, el capital de riesgo cuesta más por lo cual se invertirá dinero en operaciones que sean redituables y lo menor riesgosa posible. (Cáceres, 2016).

En una ciudad desértica como Lima-Perú, donde son escasas las lluvias y tiene al río Rímac como principal fuente hídrica para el abastecimiento de agua potable en la población de Lima y Callao es deficiente.

SEDAPAL está requiriendo máquinas de perforación para realizar dos pozos y hacer el mantenimiento periódico en los 465 pozos que administra

y que son fuente de agua para Lima y Callao, garantizando de esta manera su conservación y la calidad del agua que es usada para satisfacer necesidades de consumo poblacional y productivo. (SEDAPAL, 2015).

1.1.3 Realidad problemática local.

En el diseño de programas de perforación en este caso de pozos de agua subterránea, encontramos muchas problemas por el costo del proyecto, permisos que se debe realizar, altas perdidas de energía y pérdida de tiempo al momento de armado, desarmado, viajes, interrupción en las operaciones planificadas debido a fallas en el equipo de perforación (torque excesivo, pegas de tubería), estos problemas o inconvenientes causados, logran un costo muy elevado, para un programa de perforación que pueden volverse inviables a su desarrollo.

1.2 Trabajos previos.

Vázquez (2003, p. 3), tesis titulada “Diseño y Construcción de Máquina Perforadora De Pozos Profundos”. Ciudad de Guadalajara, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías.

Ha seguido una secuencia de recopilación de datos históricos así como una evaluación del alcance general, clasificando los componentes que se diseñan, los que son seleccionados y los elementos dimensionados; también se escribe la metodología del documento, empezando diseñar una mesa rotativa en cual utilizaron un arreglo de corona y piñón accionado por un motor hidráulico y de la broca se utiliza un sistema de arreglo de poleas y malacate accionados por un motor hidráulico, a la salida de este sistema se necesita una fuerza de levante de 20 KN utilizada para el levante de la tubería y de la broca, contando con la fricción que surge al momento de la extracción de la barrena de perforación del pozo, y con velocidades variables de 0 a 15 m/min. Mejorando así su capacidad de este diseño.

Calderón (1981, p. 4), tesis titulada “Diseño y Construcción de una Perforadora a Percusión para Extracción de Agua”. Ciudad de Riobamba, Ecuador,

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Universidad para la Investigación y Postgrados.

Ha realizado un estudio y aplicación de métodos de sistemas de perforación, así como el ciclo hidrológico, según el estudio de las propiedades de aguas subterráneas, características y análisis de suelos para la construcción de los pozos en zonas marginales de la Provincia de Chimborazo.

Seleccionado los métodos, establece que: costo, cálculo y diseño de la máquina, utilizando el Taller de Producción de la Facultad de Mecánica en la construcción de accesorios como: base, torre, perfiles, tirantes, poleas, percutor, sistema de transmisión, trinquete, etc. esta máquina armada es de 4 x 2.5 x 1.8 m., es fácil de desmontarla, hundido el primer tubo se acopla al segundo y así sucesivamente hasta la profundidad requerida. Según este proyecto está diseñado para pequeños pozos de hasta 76.2 mm de diámetro y máximo de 30 m. de profundidad. La máquina puede tener un equipo adicional para recuperación de tubería. Se recomienda disponer de medios para facilitar el transporte, cambiar por tubos de plastigoma para evitar la corrosión.

Pariante (2013, p. 2), tesis titulada “Diseño y Simulación de Perforadora Hidráulica para Pozos de Agua”. Ciudad de Piura, universidad de Piura.

El objetivo de este diseño de la perforadora hidráulica, se basa en el estudio general de máquinas similares que son comerciales en el mercado. Básicamente cuenta con una unidad de potencia, una bomba hidráulica principal, una unidad de empuje y arrastre, una unidad de rotación, un bastidor o torre de perforación, la tubería o varillaje de perforación, la broca o trepano, una bomba para circulación de lodos y la estructura de soporte y transporte.

También ha realizado un análisis de esfuerzos en el bastidor de perforación, en la tubería o varillaje de perforación, en la broca y en la estructura de soporte y transporte de la máquina. Del mismo modo, se han calculado las fuerzas hidráulicas necesarias para obtener el movimiento de los actuadores hidráulicos como son, la unidad de rotación, la unidad de empuje y arrastre y el pistón hidráulico para posicionar el bastidor en dirección vertical. Además,

utilizo el software Solidworks Simulación para la modelación de todos los componentes mencionados.

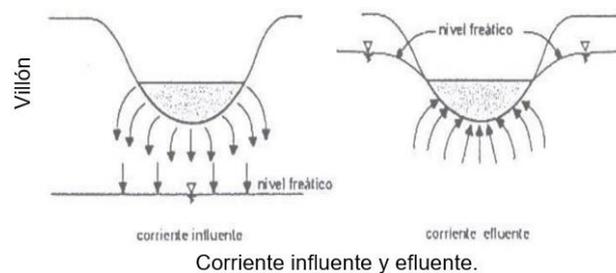
1.3 Teorías relacionadas al tema.

1.3.1 Los yacimientos de agua subterránea:

“El agua subterránea es de gran importancia, especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año” (Villón, 2013, p. 319).

Las aguas subterráneas provienen de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de ríos o lagos. La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra en las capas superiores del suelo, mientras que la percolación es el movimiento del agua en las capas del subsuelo. Si el nivel del agua superficial está por encima del nivel freático, (influyente) se produce un aporte a las aguas subterráneas, por el contrario, si el nivel de las aguas superficiales, está por debajo del nivel freático (efluente), se produce un aporte a las aguas superficiales, es por esto que se tienen las corrientes perennes, a pesar de que no se produzca precipitación. (Villón, 2013, p. 319).

Figura 1



1.3.2 Distribución del agua del subsuelo

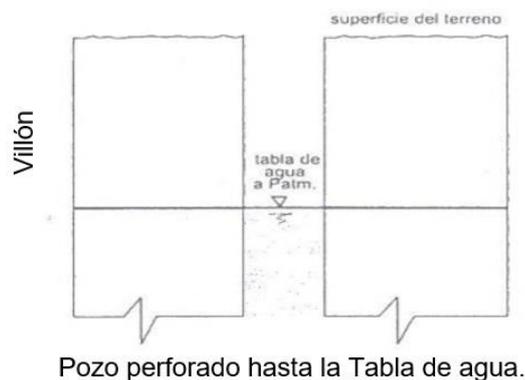
“Cuando se perfora un pozo a suficiente profundidad, se hallará luego de un cierto tiempo agua, la cual subirá hasta cierto nivel” (Villón, 2013, p. 320).

Este nivel de equilibrio donde la presión hidrostática en el agua iguala a la presión atmosférica tiene una serie de denominaciones, entre otras: superficie freática, tabla del agua subterránea, nivel freático, nivel de agua subterránea, superficie libre de agua o capa freática.

Entonces la superficie freática representa el lugar geométrico de los puntos de la masa de agua donde la presión es igual a la presión atmosférica, es decir: (Villón, 2013, p. 320).

$$P_{\text{tabla de agua}} = P_{\text{atmosferica}}$$

Figura 2



1.3.3 Porosidad en las rocas.

“La porosidad depende de un gran número de factores, tales como la naturaleza fisicoquímica del terreno, granulometría de sus componentes, grado de cementación, o compactación de los mismos, efectos de disolución, de meteorización, fisuración, etc.” (Villón, 2013, p. 332).

La porosidad de un terreno puede variar entre márgenes muy amplios, de 80% a 90% en sustancias floculentas, como las de los depósitos recientes en los deltas, hasta menos de 1% en las rocas compactas. En los depósitos de materiales sueltos, los cuales constituyen la fuente más importante de aguas subterráneas, las porosidades pueden oscilar de un 5% a un 40%. (Villón, 2013, p. 332).

Tabla 1

Villón	POROSIDAD	PORCENTAJE
	Pequeña	menor de 5%
	Media	5% al 20%
	Grande	mayor del 20%

Porcentajes de porosidad en las rocas.

Tabla 2

Villón	Material	Porosidad (%)
	Suelos	50 – 60
	Arcilla	45 – 55
	Limo	40 – 50
	Arena uniforme	30 – 40
	Grava	30 – 40
	Grava y arena	20 – 35
	Arenisca	10 – 20
	Pizarra	1 – 10
	Caliza	1 – 10

Intervalos de porosidad representativa para materiales sedimentarios.

1.3.4 Propiedades de la muestra roca.

El objetivo de la perforación de barrenos es perforar un agujero en la roca en la más rápida posible la tasa de penetración, mientras que da la máxima vida útil de la broca del barreno y componentes como brocas, accesorios de la sarta de perforación, etc. El progreso de un barreno se encuentra a muy pequeña ruta cilíndrica en un macizo rocoso. Por lo tanto, cuando se trata de barreno de perforación, las características de toda la masa de roca son menos importantes en comparación con las propiedades lazos de una muestra de roca o

espécimen, clasificación que se enuncia en el cuadro siguiente.
(Gokhale, 2011, p. 47).

Tabla 3

TIPO DE ROCA	S_c [kg/cm ²]	S_c [MPa]
Muy blandas	< 400	< 40
Blandas	400 – 800	40 – 80
Medianas	800 – 1.200	80 – 120
Duras	1.200 – 2.000	120 – 200
Muy duras	> 2.000	> 200

Clasificación del tipo de roca

1.3.5 Movimiento del agua a través del suelo

“En el suelo, el agua fluye a través de los poros interconectados que resultan de la disposición de las partículas individuales y la agregación de las mismas” (Villón, 2013, p. 339).

“Pero para que se produzca el movimiento se requiere energía (diferencia de potencial) y capacidad del medio poroso para transmitir agua” (Villón, 2013, p. 339).

a) La sub zona del suelo (o edáfica):

“Que abarca desde la superficie del terreno hasta la profundidad alcanzada por las raíces” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

Está atravesada por raíces, por huecos dejados por raíces desaparecidas, y por pistas y canaliculos abiertos por la fauna rápida (ratones, topes) o lenta (anélidos y similares); en ella, la humedad del suelo varía mucho con los cambios estacionales de la vegetación. (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

b) La sub zona intermedia:

“Que varía en espesor notablemente de un acuífero a otro (de centímetros a decenas de metros), o incluso puede no existir; en ella la humedad del suelo apenas cambia estacionalmente” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

c) La franja capilar:

“Que se caracteriza por la existencia de poros, canalículos y fisuras llenas de agua que se mantienen por encima del nivel freático a causa de las tensiones capilares; la elevación es mayor cuanto más finos son los granos y fisuras” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

d) El nivel freático.

“Se definen como aquéllos en los que el límite superior de la masa de agua forma una superficie real que está en contacto con el aire de la zona no saturada y, por lo tanto, a presión atmosférica” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 17).

En la perforación de un pozo desde la superficie del terreno, el agua aparece en el pozo cuando se corta o alcanza el nivel freático (del griego phreatos = pozo), y se mantiene a esa profundidad. La recarga de este tipo de acuíferos se realiza principalmente por infiltración de la precipitación a través del suelo, o por infiltración de agua de ríos o lagos. (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 17).

e) Zona saturada (ZS):

“En ella los poros están completamente rellenos de agua. Aquí la presión del agua es superior a la de la atmósfera y crece hidrostáticamente al aumentar la profundidad” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

“El agua de esta zona se mueve de forma natural hacia ríos, lagos, mar, manantiales, etc. y de forma provocada hacia las captaciones subterráneas especialmente por bombeos, drenajes o galerías” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 16).

f) El zócalo impermeable:

“Que es el límite inferior del sistema, por debajo del cual ya no hay reservas hídricas significativas” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p 14).

1.3.6 Ley de Darcy.

“Henry Darcy en 1856 formuló la ley fundamental que describe el movimiento del agua de la zona saturada a través del suelo” (Villón, 2013, p. 343).

Las experiencias que realizó Darcy son del tipo de la mostrada en la figura 8.16, con un suelo arenoso, cuando diseñaba los filtros de arena para el agua potable de la ciudad de Dijon. Darcy llegó a la conclusión de que la cantidad de agua que fluye a través de un medio poroso (muestra de arena) por unidad de tiempo, en otras palabras, el caudal o la descarga, es proporcional a la sección transversal A , a la diferencia entre cargas del fluido $\Delta \phi$ en las superficies de entrada y de salida de la muestra, es decir la pérdida de carga $\Delta \phi = \phi_1 - \phi_2$, e inversamente proporcional a la longitud de la muestra de arena o trayectoria del flujo. Esta proporcionalidad es expresada matemáticamente como sigue: (Villón, 2013, p. 343).

$$Q = KA \frac{\phi_1 - \phi_2}{L} \quad \text{o} \quad Q = KA \frac{\Delta \phi}{L} \quad (1)$$

Donde:

“ Q = Volumen de agua que atraviesa la muestra por unidad de tiempo” (Villón, 2013, p. 343).

“ A = Área de la sección transversal” (Villón, 2013, p. 343).

“ L = Longitud de la muestra” (Villón, 2013, p. 343).

“ ϕ_1 y ϕ_2 = Potenciales en los puntos 1 y 2 respectivamente” (Villón, 2013, p.343).

“ $\Delta \phi$ = Pérdida de carga” (Villón, 2013, p. 343).

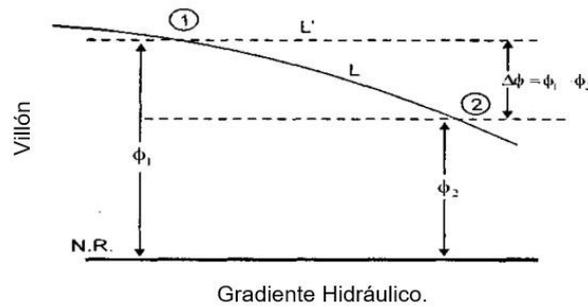
“ K = Constante de proporcionalidad llamada conductividad hidráulica que depende de la naturaleza de la arena y del fluido (agua)” (Villón, 2013, p. 343).

1.3.7 Gradiente hidráulico (i)

“El gradiente hidráulico se define como el cociente entre la diferencia de carga entre dos puntos y la distancia medida a lo largo de la línea de corriente del flujo entre esos dos puntos, es adimensional, es decir:” (Villón, 2013, p. 345).

$$i = \frac{\phi_1 - \phi_2}{L} = \frac{\Delta\phi}{L} \quad (2)$$

Figura 3



“Aplicando el concepto del gradiente hidráulico, las ecuaciones de la Ley de Darcy, se pueden expresar como:” (Villón, 2013, p. 345).

$$Q = K A i$$

$$V = K i$$

1.3.8 CAPTACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA.

“Una captación de agua subterránea es toda aquella obra destinada a obtener un cierto volumen de agua de una formación acuífera concreta, para satisfacer una determinada demanda” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 22).

. Pozos excavados:

“Son obras de perforación excavadas a mano o mediante explosivos, con un diámetro mínimo de 1,50 m” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 22).

1.3.9 SONDEOS.

“Un sondeo es una perforación excavada por medios mecánicos, preferentemente vertical, de diámetro inferior a 1,50 metros, aunque los más usuales se encuentran entre los 150 y los 700 mm de diámetro” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

“Presentan la ventaja de que pueden alcanzar grandes profundidades y tienen un coste normalmente inferior a cualquier otro tipo de captaciones” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

“Los sistemas más comunes utilizados en perforación son:” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

“Sondeo a percusión” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

“Sondeo a rotación” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

“Sondeo a rotopercusión” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 24).

- **Sondeo a percusión.**

“El sistema se basa en el golpeo repetido de la roca con una herramienta pesada, hasta lograr la rotura en el caso de materiales rígidos (roca), o disgregación, en el caso de materiales de menor cohesión (sedimentos, rocas alteradas)” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 35).

- **Sondeo a rotación.**

“Están basados en la acción conjunta de la presión ejercida sobre el fondo del pozo y el movimiento de giro de una herramienta de corte transmitido desde la superficie a través del varillaje” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 36).

“La inyección de un fluido a través de una tubería permite la extracción de residuos de forma continua, y el efecto de la perforación se basa en la abrasión, desgaste y molienda de la roca” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 36).

● **Sondeo a rotopercusión.**

“Esta técnica combina los dos métodos anteriores, rotación y percusión en uno solo” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 38).

1.3.10 Métodos de perforación y útiles principales.

“Extraído del sondeo mediante el arrastre con agua o lodo. Existen dos modalidades: circulación directa e inversa del fluido. La rotación está ampliamente extendida para abrir pozos en terrenos no consolidados como arcosas, arenas, limos y gravas” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 30).

“Para terrenos duros como las cuarcitas, granitos y pizarras, se emplea el método mixto de la rotopercusión, consistente en una cabeza percutora que va girando. El detritus se extrae mediante la inyección de aire comprimido. En la actualidad, este sistema se combina con el de rotación” (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 30).

Habitualmente los sondeos de captación de agua tienen entre 300 y 500 mm de diámetro y profundidades de hasta 300 m, aunque en la actualidad superan, en ocasiones, los 1.000 m. Para permitir el paso del agua en sondeos ubicados en acuíferos detríticos, se utilizan filtros de diverso diseño y naturaleza (metálicos o PVC, preferentemente). El anular existente entre las paredes del sondeo y la entubación se debe rellenar de grava silíceo calibrada para, entre otras funciones, impedir el paso al sondeo de materiales de pequeña granulometría.

Antes de dar por concluidas las obras de un pozo es necesario proceder a su limpieza y desarrollo. Se utilizan métodos mecánicos (pistón o aire comprimido), o químicos (nieve carbónica, poli fosfatos, ácidos o hielo), o ambos. Con ello se consigue limpiar los residuos que puedan haber quedado en el interior de la perforación. (López, Fornés, Ramos Y Villarroya, 2009, p. 31).

1.3.11 LA PERFORADORA.

“Se trata de un mecanismo capaz de proporcionar a la sarta el movimiento de giro y el avance en la perforación que se transmite al útil de corte” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 36).

“Esto se consigue mediante un motor que transmite el movimiento a la denominada “mesa de rotación” que consiste en una pieza provista de un anillo circular dentado, hueca en el centro y con una sección cuadrangular o hexagonal” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 36).

1.3.12 CLASIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN

a) Según su agente impulsor:

- **Perforación manual:**

“Se compone de barras de acero extensibles, girado por un mango. Un número de diferentes barrenas de acero (Brocas) se pueden unir en el extremo de las barras de perforación” (Vuik, 2010, p. 3).

“Los sinfines se hacen girar en el suelo hasta que esté lleno, entonces levantado fuera del pozo para ser vaciado. Especializados sinfines se pueden utilizar para diferentes formaciones (tipos de suelo)” (Vuik, 2010, p. 3).

Imagen 1

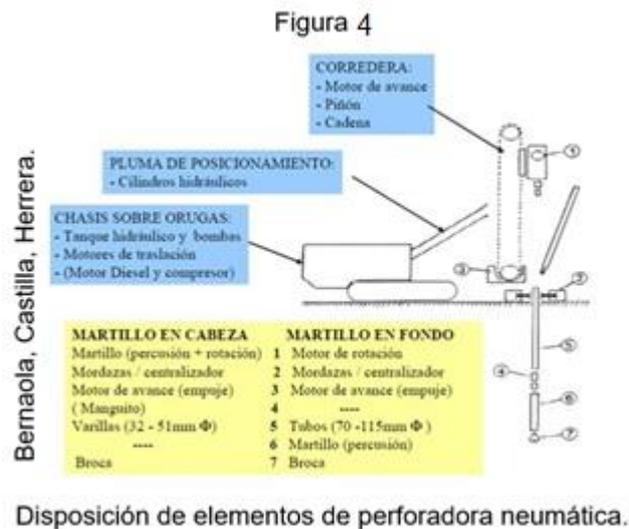


Vuik

Perforación manual

- **Perforación neumática.**

“Aquellos métodos que utilizan el aire comprimido como un fluido de perforación para eliminar los recortes del agujero, forzando el aire comprimido hacia abajo, varilla de perforación hueca y el agujero en la parte exterior de la varilla” (ADITC, 2015, p. 11).

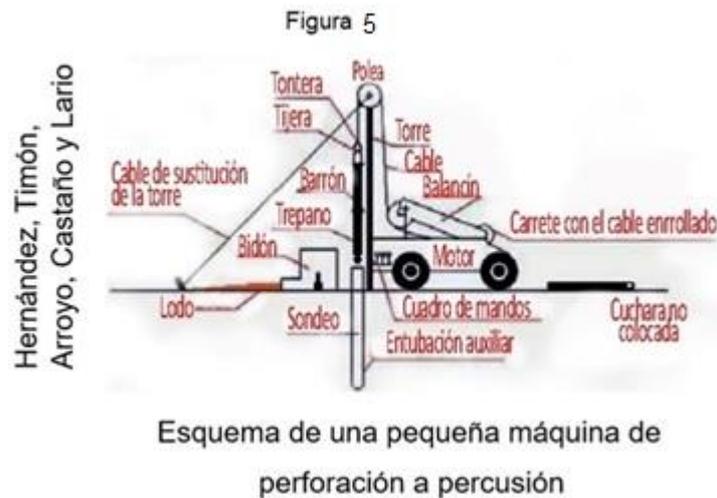


b) Según el principio de movimiento.

- **Perforación a percusión**

“Se basa su técnica en la fracturación y trituración de la roca por la acción de golpeo de un instrumento pesado” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

El método de perforación más utilizado es la denominada percusión por cable, que en esencia consiste en el golpeo repetido de una herramienta pesada (trépano), que está suspendida de un cable desde una torre de perforación. El golpeo vertical sobre el terreno a modo de mortero, se realiza gracias a un movimiento de vaivén generado por un mecanismo denominado balancín. La roca o material disgregado elimina con un elemento denominado cuchara, que también ha de ser bajado e izado desde el fondo del sondeo mediante un cable. (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).



- **Rotativa.**

“Se centra en la acción de cortar partículas por medio de un elemento cortante sometido a una fuerza giratoria y, que provoca una rotura de la roca por compresión” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

“El instrumento de corte (boca o barrena), se acciona a través de un varillaje cuyo giro es proporcionado por la máquina de perforación que se encuentra en superficie” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

“La eliminación del detrito de perforación se realiza con agua y bentonita (arcilla expansiva), y en función del sentido de circulación del fluido de limpieza se distinguen dos sistemas:” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

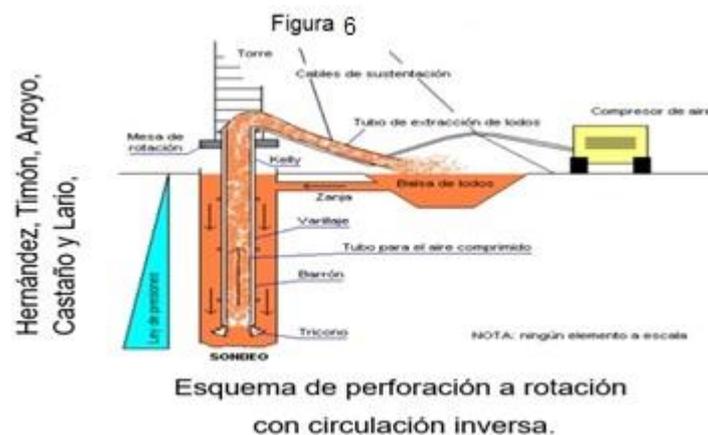
“**Circulación directa:** El fluido es inyectado por el interior del varillaje y asciende a la superficie a través del espacio anular dejado entre éste y la pared del sondeo, arrastrando los detritos de perforación en su ascenso” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

“**Circulación inversa:** los lodos, después de sufrir una decantación en una balsa situada en la superficie, descienden por gravedad a través del espacio anular hasta el fondo del sondeo, para regresar a

la superficie cargados de detritos por el interior del varillaje” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).

“Este sistema requiere la ayuda de una bomba de aspiración, lo que limita la utilización de este sistema a profundidades mayores de 130 m.

El sistema de perforación por rotación es el que mayores rendimientos ofrece en terrenos blandos” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 30).



- **Rotopercusión.**

“La rotopercusión se basa en la combinación de las dos técnicas anteriores, y es aquella a la que al efecto de golpeo se superpone una acción de giro del útil de perforación” (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 31).

1.3.13 PRESIÓN.

“Es posible calcular la fuerza sobre el émbolo y los extremos del cilindro directamente con la ecuación:” (Mott, 2006, p. 85).

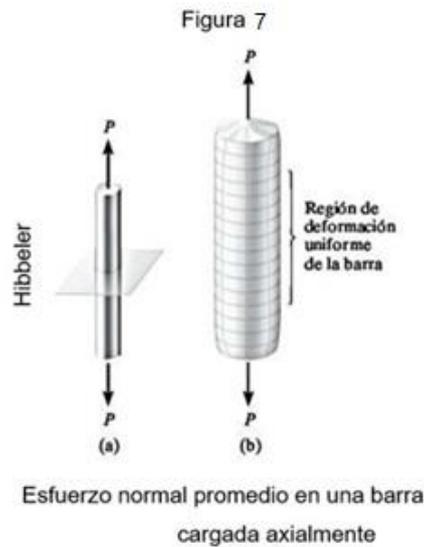
$$F = P.A. \quad (3)$$

1.3.14 ESFUERZOS.

a) Esfuerzo normal:

“La intensidad de la fuerza que actúa en forma normal “A”, “A” se define como el esfuerzo normal, σ (sigma), (N.m²), como F es normal al área, entonces:” (Hibbeler, 2011, p. 23).

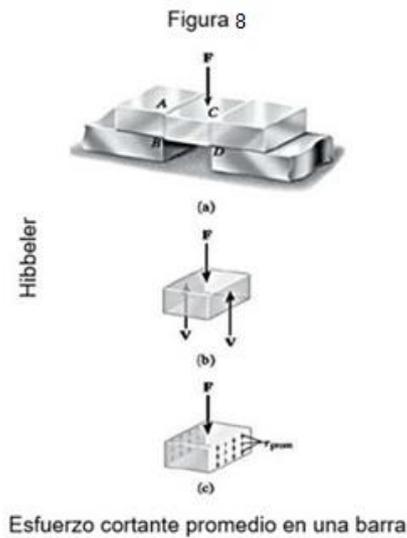
$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4)$$



b) Esfuerzo cortante promedio.

“La intensidad de la fuerza que actúa tangente a “A” se llama esfuerzo cortante, τ (tau). A continuación, se presentan las componentes del esfuerzo cortante” (Hibbeler, 2011, p. 32).

$$\tau_{prom} = \frac{v}{A} \quad (5)$$



1.3.15 LEY DE HOOKE

Como se señaló en la sección anterior, para la mayoría de los materiales de ingeniería presentan una relación lineal entre el esfuerzo y la deformación dentro de la región elástica. En consecuencia, un incremento en el esfuerzo ocasiona un aumento proporcional en la deformación. Este hecho fue descubierto por Robert Hooke en 1676 mediante el uso de resortes y se conoce como la ley de Hooke. Puede expresarse en forma matemática como (Hibbeler, 2011, p. 90).

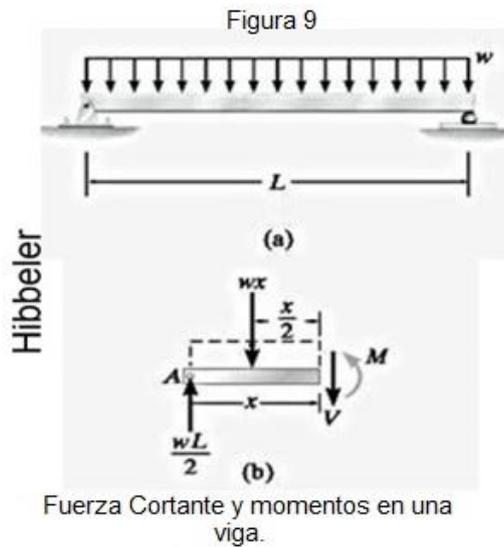
$$\sigma = E * \varepsilon \quad (6)$$

1.3.16 FUERZA CORTANTE Y DE MOMENTOS EN VIGAS.

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0 \quad v = w \left(\frac{L}{2} - x \right) \quad (7)$$

$$\downarrow + \Sigma M = 0 \quad M = \frac{w}{2} Lx - x^2$$

“W = carga en una sección” (Hibbeler, 2011, p. 258).



1.3.17 FLEXIÓN.

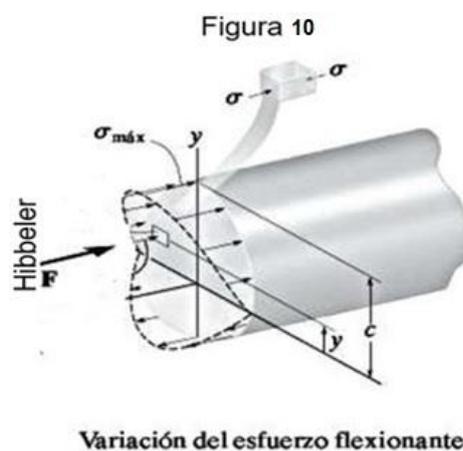
$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mc}{I} \quad (8)$$

“ $\sigma_{m\acute{a}x}$ = El esfuerzo normal máximo en el elemento, que se produce en el punto sobre el área de la sección transversal que est más alejado del eje neutro” (Hibbeler, 2011, p. 287).

“M = El momento interno resultante, determinado a partir del método de las secciones y de las ecuaciones de equilibrio; se calcula respecto al eje neutro de sección transversal” Hibbeler, 2011, p. 287).

“C = La distancia perpendicular desde el eje neutro hasta el punto más alejado del eje neutro. Aquí es donde actúa $\sigma_{m\acute{a}x}$.” (Hibbeler, 2011, p. 287).

“I = El momento de inercia del área de sección transversal respecto al eje neutro” (Hibbeler, 2011, p. 287)

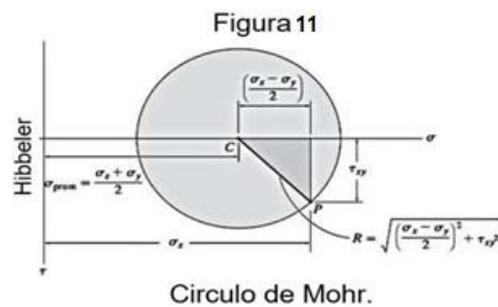


1.3.18 CIRCULO DE MOHR

“Este método permitirá “visualizar” como varían los componentes de esfuerzo normal y cortante de acuerdo con la orientación en diferentes direcciones del plano sobre lo que actúan” (Hibbeler, 2011, p. 461).

$$R = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad (9)$$

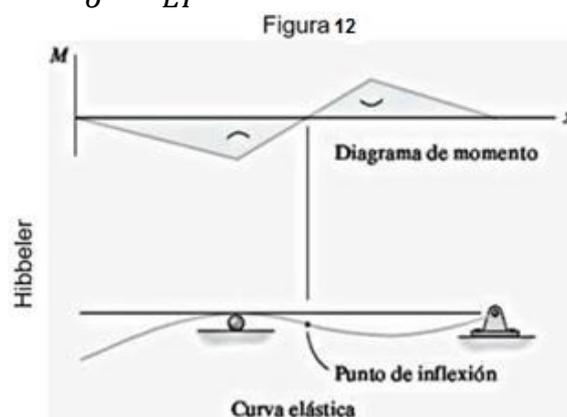
$$C = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2}$$



1.3.19 DEFLEXIÓN DE VIGAS

“Su forma puede determinarse mediante el diagrama de momento. Los momentos positivos causan que la curva elástica sea cóncava hacia arriba y los momentos negativos ocasionan que sea cóncava hacia abajo” (Hibbeler, 2011, p. 652).

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI} \quad (10)$$



1.3.20 Velocidad de Rotación:

“La velocidad de penetración aumenta con la velocidad de rotación en una proporción algo menor que la unidad, hasta un límite impuesto por la evacuación del detritus” (López, 2006, p. 59).

Tabla 4

López	TIPO DE ROCA	Sc [kg/cm ²]	N [rpm]
	Muy blandas	< 400	120 – 100
	Blandas	400 – 800	100 – 80
	Medianas	800 – 1.200	80 – 60
	Duras	1.200 – 2.000	60 – 40
	Muy duras	> 2.000	40 – 30

Velocidad de rotación según el tipo de roca

1.3.21 Resistencia a la compresión.

“En palabras sencillas, resistencia a la compresión significa capacidad para resistir la compresión” (Gokhale, 2011, p. 47).

“Cuando una muestra de roca cilíndrica es sometida a aumento de fuerza de compresión axial, como se muestra, su longitud axial va en la reducción y al mismo tiempo su diámetro va en aumento” (Gokhale, 2011, p. 47).

“El estrés ejercido sobre muestra de roca se calcula como:” (Gokhale, 2011, p. 47).

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad (11)$$

Tabla 5

Aparicio	TIPO DE ROCA	Sc [kgp/cm ²]	F' min [lbp/" de Φ]	F' prác [lbp/" de Φ]
	Muy blandas	<400	<1150	<1500
	Blandas	400-800	1150-2300	1500-3000
	Medianas	800-1200	2300-3400	3000-5000
	Duras	1200-2000	3400-5700	5000-7000
	Muy duras	>2000	>5700	7000-9000

Fuerza de empuje mínima según el tipo de roca

1.3.22 Sistema de evacuación del detritus.

“El agua cumple la función de enfriar y lubricar los cojinetes de tricono, limpiar el fondo del barreno y elevar el detritus con una velocidad ascensional adecuada” (López, 2006, p. 59).

a) Velocidad del fluido:

“Si se conoce la densidad de la roca y el diámetro de las partículas. A continuación, se exponen las ecuaciones que permiten estimar esta velocidad” (López, 2006, p. 59).

$$V_a = 573 \left(\frac{\rho}{\rho_r + 1} \right) d_p^{0.6} \quad (12)$$

cuando:

“ V_a : Es la velocidad ascensional mínima (m/min)” (López, 2006, p. 59).

“ ρ_r : Es la densidad de la roca (gr/cm³)” (López, 2006, p. 59).

“ d : diámetro de las partículas (mm)” (López, 2006, p. 59).

“Las velocidades ascensionales recomendadas, en función del tipo de roca” (López, 2006, p. 59).

Tabla 6

TIPO DE ROCA	VELOCIDAD MÍNIMA		VELOCIDAD MÁXIMA	
	[m/min]	[m/min]	[m/min]	[m/min]
Blandas	1.200	4.000	1.800	6.000
Medianas	1.500	5.000	2.100	7.000
Duras	1.800	6.000	2.400	8.000

Velocidad ascensional del fluido según el tipo de roca.

b) Caudal del fluido:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “El caudal de agua de barrido de partículas (Q) se calcula a partir de la fórmula básica que lo relaciona con la sección del ducto de circulación y con la velocidad de flujo”.

$$Q = \left[\frac{\pi(\varphi^2 - D^2)}{4 \cdot 10^6} \right] V \quad [m^3/min] \quad (13)$$

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “ $Q = \text{Área de la sección transversal} \cdot \text{Velocidad de flujo}$ ”.

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “ Q : Es caudal del líquido [m^3/min] o [$pies^3/min$]”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “ φ : Es el diámetro de la herramienta [mm] o [pulg]”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “ D : Es el diámetro exterior de las barras [mm] o [pulg]”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “ V : Es la velocidad del fluido [m/min] o [pies/min]”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 35), “Dado que a medida que aumenta la resistencia de la roca el tamaño del detritus es más pequeño, la práctica operacional aconseja adoptar los valores dados en la siguiente tabla”.

Tabla 7

TIPO DE ROCA	$[\varphi - D]$	
	[pulg]	[mm]
Blandas	3	76
Medianas	2	51
Duras	1 1/2	38

Área de sección anular para la circulación del fluido

1.3.23 Cálculo de la fuerza de tensión.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 37), “La fuerza de tensión se va a dar cuando el cabezal tiene la tubería y la broca de perforación suspendidas por el efecto del levante de la extracción de las mismas”.

a) Cálculo del peso del tubo:

$$W_{tubería} = w_{nominal tubería} (kg/m) * L * g \quad (14)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 37). “ W : peso del tubo (kN)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 37). “ L : longitud de la tubería (m)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 37). “g: gravedad (m/s²)”.

1.3.24 BROCA DE CARGA Y LA ROTACIÓN DEL TRÍCONO

“Sea necesario girar a baja velocidad y alta esfuerzo de torsión. Con el aumento de la fuerza de alimentación se eleva el par requerido. Para evitar ser shocks experimentado por los dientes, se requiere la velocidad de rotación a reducirse” (Gokhale, 2011, p. 105).

“Cargas normales de brocas recomendadas y velocidades de rotación que se utilizarán en la broca tricono perforación ING son como se muestra en la Tabla 1” (Gokhale, 2011, p. 105).

“Para las brocas de mayor diámetro, velocidades de rotación más bajos y más altos cargas de bits deben ser elegido. Una ecuación planteada por Praillet para calcular el peso óptimo de la broca tricono es como sigue” (Gokhale, 2011, p. 105).

$$W_o = \sigma_c * D/2 \quad (15)$$

“W_o = Óptimo del peso de la broca en kg” (Gokhale, 2011, p. 105).

“σ_c = Resistencia a la compresión de la roca en kg/cm” (Gokhale, 2011, p. 105).

“D = Diámetro de la broca tricono en cm” (Gokhale, 2011, p. 105).

Tabla 8

	Código IADC	carga de brocas kN/mm	Velocidad de rotación en RPM
Bhalchandra Gokhale	<i>Las coronas de diente de acero</i>		
	112⇒142	0.175⇒0.525	70–120
	212⇒242	0.525⇒0.875	60–100
	312⇒342	0.700⇒1.225	50–80
	<i>Brocas de inserción de TC</i>		
	412⇒442	0.175⇒0.875	50–150
	512⇒542	0.525⇒1.137	50–150
	612⇒642	0.700⇒1.225	50–120
	712⇒742	0.700⇒1.400	50–90
	812⇒842	1.050⇒1.575	40–80

Recomendado cargas y velocidades de bits giratorios para Triconos

a) Código IADC:

“La Asociación Internacional de Contratistas de Perforación (IADC) ha formulado un standard código de cuatro dígitos para la clasificación de Tricono” (Gokhale, 2011, p. 106).

“Casi todas las brocas de tres conos fabricados por cualquier fabricante pueden clasificarse según la elección de números o letras correspondientes en el lugar de los Dígitos. Se explica: “(Gokhale, 2011, p. 106).

Bhalchandra Gokhale

Tabla 9

Primer dígito	Segundo dígito	Tercer dígito	cuarto dígito
Se utiliza para Broca tipo y Formación	Usado para Promover Formación	Usado para Tipo de rodamiento	Usado para Adicional Diseño Características

Explicación de cuatro dígitos en el Código del IADC

Tabla 10

Número	Descripción (tipo de brocas y la formación)
1	Broca de acero del diente por formaciones blandas
2	Broca de acero del diente por Formaciones Mediano
3	Broca de acero del diente por formaciones duras
4	Inserción de TC de brocas para formaciones blandas
5	Inserción de TC de brocas para semiduros formaciones
6	Inserción de TC Broca de Formaciones Mediano
7	Inserción de TC Broca de Medio Difícil formaciones
8	Inserción de TC de brocas para formaciones duras

Clave de primer dígito del código IADC.

Tabla 11

Número	Descripción (para mayor conveniencia formación)
1	Formaciones suaves
2	Formaciones medianas
3	Formaciones duros
4	Formaciones muy duro

Clave para el segundo dígito del código IADC.

Tabla 12

Número	Descripción (de fricción)
1	Teniendo Estándar abierto
2	Teniendo estándar abierto para aire de barrido
3	Estándar abierto Rodamiento con TC de recubrimiento duro o de inserción de TC
4	Protección en el talón del cono Rodamiento de rodillos sellados
5	Rodamiento de rodillos Sellado con TC insertos en el talón del cono
6	Diario rodamiento sellado
7	Diario cerrado con la TC con insertos en el talón del cono

Clave para el tercer dígito del código IADC.

Tabla 13

Lectura	Descripción (característica de diseño adicional)
A	Air Flush Application
R	Reforzado soldaduras
C	Un solo chorro central
S	Modelo Estándar de dientes de acero
D	Función de Control de Desviación
E	Boquilla de chorro extendida
G	Protección adicional Gage
Z	Otras Formas de TC insertos
J	Jet deflexión

Clave para el cuarto dígito del código IADC.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 38), “Cálculo del peso del terreno:”

$$W = V_{broca} * L_{terreno} \quad (16)$$

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 38), “Cálculo del peso que ejerce el lodo sobre la broca:”

$$W = P_{h,máx} * A_{broca} \quad (17)$$

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 38), “Cálculo de la fuerza de tensión aplicada en el cabezal de rotación:”

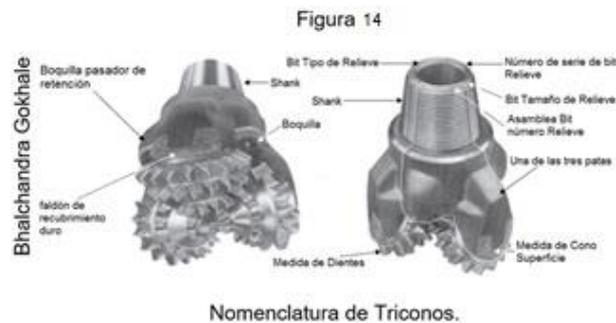
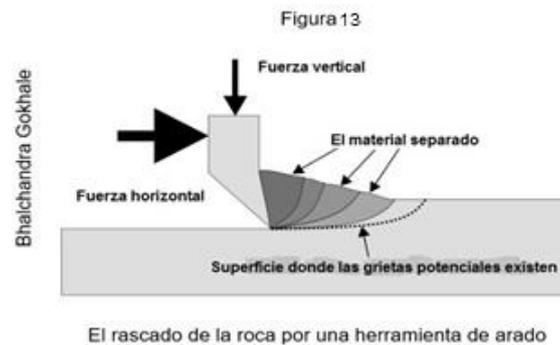
$$F = W_{tubería} * W_{broca} * W_{terreno} * W_{lodo} \quad (18)$$

1.3.25 Formación de fractura por debajo de una broca.

“Si se utiliza un poco de arrastre o un poco tricono, fractura de la formación se lleva a cabo por una combinación de las tensiones de cizallamiento y de tracción” (Gokhale, 2011, p. 274).

“Un diente de la broca de arrastre debe penetrar inicialmente la roca a través de la acción de la fuerza vertical y posteriormente causa una falla de corte con tracción por la fuerza horizontal “(Gokhale, 2011, p. 274).

“En el caso de arrastre brocas de la penetración del diente hace muy poco fractura de la formación. Es la fuerza horizontal que contribuye principalmente en la formación fractura por esfuerzo cortante “(Gokhale, 2011, p. 274).



a) Fundamentos de la perforación por corte.

“La fuerza tangencial es la que vence el esfuerzo resistente de la roca frente a la rotación de la broca” (López, 2006, p. 80).

“El par “ T_r ”, medido en el eje del elemento de perforación, es el producto de la fuerza tangencial por el radio de la boca. El par resistente sobre el área total de corte, suponiendo que sea una corona circular” (López, 2006, p. 80).

$$T_r = \frac{2}{3} \mu E \left(\frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2} \right) \quad (19)$$

cuando:

“ T_r : Par resistente” (López, 2006, p. 80).

“ μ : Coeficiente de fricción de la roca” (López, 2006, p. 80).

“E: Fuerza sobre la broca” (López, 2006, p. 80).

“r_o: Radio exterior de la broca” (López, 2006, p. 80).

“r_i: Radio interior de la broca” (López, 2006, p. 80).

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “El ángulo de fricción de las rocas varía entre 25° y 45° para las de mayor dureza”.

Tabla 14

Instituto Tecnológico Geominero de España	Material			Material		
	Peso kNm ³	Ángulo		Peso kNm ³	Ángulo	
	Arena	14 a 19	30°	Carbón en leña de trozos	4	45°
	Arena de piedra pómez	7	35°	Hulla		
	Arena y grava	15 a 20	35°	briquetas amontonadas	8	35°
	Cal suelta	13	25°	briquetas apiladas	13	-
	Cemento clinker suelto	16	28°	en bruto, de mina	10	35°
	Cemento en sacos	15		pulverizada	7	25°
	Escoria de altos hornos			Leña	5,4	45°
	troceada	17	40°	Lignito		
	granulada	12	30°	briquetas amontonadas	7,8	30°
	triturada, de espuma	9	35°	briquetas apiladas	12,8	-
	Poliéster en resina	12	-	en bruto	7,8 a 9,8	30° a 40°
	Poliétileno, poliestirol granulado	6,4	30°	pulverizado	4,9	25° a 40°
	Resinas y colas	13	-	Turba negra y seca		
	Yeso suelto	15	25°	muy empaquetada	6 a 9	-
	Agua dulce	10	-	amontonada y suelta	3 a 6	45°

Peso de materiales por unidad de volumen.

b) Velocidad de penetración (VP):

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “La velocidad de penetración para una roca determinada y para un diámetro de perforación específico es linealmente proporcional a la fuerza de empuje y a la velocidad de rotación”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “Para el cálculo de la velocidad de penetración, se han ido deduciendo fórmulas empíricas basadas en experiencias realizadas en campo y se han ido modificando a lo largo del tiempo”.

$$VP = \frac{63.9 * F_E N_r}{S_c^2 \phi^{0.9}} \quad (20)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “VP: Velocidad de penetración (m/h)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “E F: Fuerza de empuje sobre la roca (kg)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “ N_r : Velocidad de rotación (rpm)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “ S_c : Resistencia a la compresión de la roca (MPa)”.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 63), “ ϕ : Diámetro de la broca (mm)”.

c) Potencia de rotación

“La potencia de rotación requerida es igual al producto del par necesario para hacer girar el tricono por la velocidad de rotación” (López, 2006, p. 60).

$$HP_r = k * N_r * D^{2.5} * \phi^{1.5} \quad (21)$$

Donde:

“ HP_r = Potencia de rotación” (López, 2006, p. 60).

“ D = Diámetro de perforación” (mm)” (López, 2006, p. 60).

“ N_r = Velocidad de rotación (rpm)” (López, 2006, p. 60).

“ E = Empuje (miles de libra por pulgada de diámetro)” (López, 2006, p. 60).

Tabla 15

	ROCA	RESISTENCIA A COMPRESION (MPa)	CONSTANTE K
López	Muy blanda	—	$14 \cdot 10^{-5}$
	Blanda	—	$12 \cdot 10^{-5}$
	Medio-blanda	17,5	$10 \cdot 10^{-5}$
	Media	56,0	$8 \cdot 10^{-5}$
	Dura	210,0	$6 \cdot 10^{-5}$
	Muy dura	476,0	$4 \cdot 10^{-5}$

Potencia de rotación según el tipo de roca

1.3.26 Sistema de varillaje de extensión.

cuadro de las medidas sobre la tubería de perforación.

Tabla 16

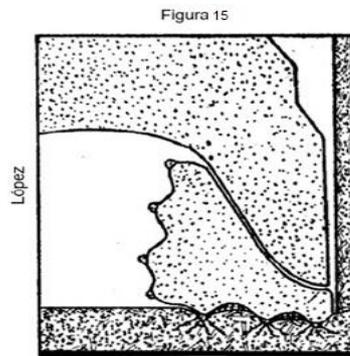
Tabla de datos de la tubería de perforación					
Datos de la tubería			unidades de medida		unidades de medida
Diámetros	De	3 1/2	pulg	88.9	mm
	Di	2.762	pulg	70.155	mm
Peso por unidad de longitud	w	13.3	lb/ft	19.79	kg/m
Grado y tipo	E-75 EU				
Resistencia máxima a la torsión	τu	18600	Ft-Lb	25218.21	N.m
Resistencia máxima a la tensión	f_u	271600	Lb	1123196	Kg
Espesor de pared	τ	0.368	pulg	9.34	mm
Área transversal	A_o	2.762	pulg ²	1781.93	mm ²
Presión interna	p_i	13800	psi	116.09	MPa
Resistencia máxima al colapso	σ_c	16774	psi	115.65	MPa
Esfuerzo permisible de fluencia	σ_y	75	Ksi	517	MPa

Grant Prideco

La tabla proporciona datos para la sarta de perforación.

a) Empuje sobre la boca.

“El empuje aplica sobre la boca debe ser suficiente para sobrepasar la resistencia a compresión de la roca, pero no debe ser excesivo para evitar fallos prematuros o anormales del tricono” (López, 2006, p. 58).



Rotura de la roca, empuje excesivo.

“El empuje mínimo, por debajo del cual una roca no es perforada, puede estimarse con la siguiente ecuación:” (López, 2006, p. 58).

$$E_m = 28.5 * R_c * D \tag{22}$$

Donde:

“E_m = Empuje mínimo (Lb)” (López, 2006, p. 58).

“R_c = Resistencia a compresión de la roca (MPa)” (López, 2006, p. 58).

“D = Diámetro del tricono (pulg)” (López, 2006, p. 58).

“El empuje máximo, por encima del que se produce el enterramiento del tricono, se considera que vale el doble del valor anterior” (López, 2006, p. 60).

$$E_M = 2 * E_m \quad (23)$$

“El empuje límite que soporta un tricono es función del tamaño de sus cojinetes, que, a su vez, depende del diámetro del tricono:” (López, 2006, p. 60).

$$E_L = 810 * D^2 \quad (24)$$

Donde:

“ E_L = Empuje límite del tricono (Lb)” (López, 2006, p. 60).

“ D = Diámetro (pulg)” (López, 2006, p. 60).

Tabla 17

	DIAMETRO DEL TRICONO (pulg.)	EMPUJE LIMITE (libras)
López	5 ^{1/8}	21.000
	6 ^{1/4}	31.000
	6 ^{3/4}	37.000
	7 ^{7/8}	50.000
	9	65.000
	9 ^{7/8}	79.000
	12 ^{1/4}	121.000

Valores límites para los Triconos de los diferentes diámetros.

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), “Fuerza debido al peso de la tubería y componentes:”

$$F_{tc} = W_{tubería} * W_{broca} * W_{terreno} * W_{lodo} \quad (25)$$

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), “Fuerza de corte debido al par torsor aplicado por el motor de giro:”

$$F_c = T_r * \phi_{tubería} \quad (26)$$

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), “Fuerza de corte debido al rozamiento de las partículas de la broca:”

$$V_{tubería} = L_{tubería} * \frac{\pi}{4} (\phi_o^2 - \phi_i^2) \quad (27)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), " $V_{tubería}$: Volumen de la tubería (m^3)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), " $L_{tubería}$: Longitud de la tubería (m)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), " ϕ_o : Diámetro externo de la tubería (m)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 65), " ϕ_i : Diámetro interno de la tubería (m)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), "Para calcular la masa de suelo que hace contacto con la tubería de perforación se hace uso de la siguiente formula:"

$$M_t = \rho_{terreno} * V_{tubería} \quad (28)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " M_t : Masa de roca triturada en contacto con la tubería (m)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " $\rho_{terreno}$: Densidad de la roca perforada (kg/m^3)"

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), "La fuerza de corte va a estar dada por el peso de las partículas de roca repartido a lo largo de toda la tubería".

$$F_t = M_t * 9.81 \text{ m/s}^2 \quad (29)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " F_t : Fuerza de corte sobre la tubería por efecto de la roca triturada (N)".

b) Fuerzas internas debido a la presión hidráulica del lodo de perforación

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), El lodo de perforación que fluye por el interior de la tubería con el fin de ser expulsado por las toberas de la broca para llevar expulsar hacia la superficie las partículas de roca que son removidas, produce que la pared interior de la tubería este sometida a fuerzas internas.

$$P_{h,máx} = \rho_{lodo} * g * h_{tubería} \quad (30)$$

Donde:

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " $P_{h,máx}$.: Presión hidráulica máxima en la tubería (N/m²)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " ρ_{lodo} .: Densidad del lodo de perforación (kg/m³)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " g .: Aceleración de la gravedad (m/s²)".

Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), " $h_{tubería}$.: Altura de la tubería de perforación (m)".

c) Torque debido a la fuerza de corte producida por el rozamiento de la partícula sobre la broca.

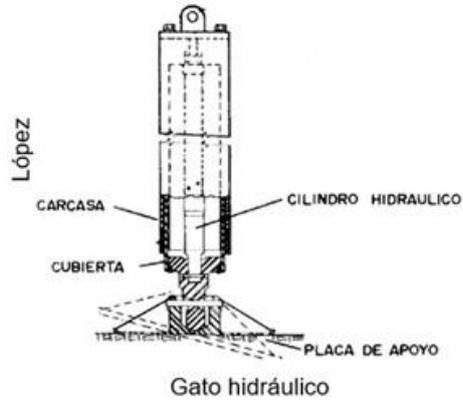
Según el Instituto Tecnológico Geominero de España (como se citó en Pariente, 2013, p. 67), "El torque que se produce será igual a la fuerza ya calculada anteriormente por el radio respectivo exterior a la tubería".

$$T_o = r * F_t \quad (31)$$

1.3.27 NIVELACIÓN

"El empleo de un gato hidráulico en cada esquina de la máquina es la configuración que proporciona la mejor distribución de cargas, reducido los esfuerzos de torsión al conjunto, las vibraciones al mástil y las averías en general" (López, 2006, p. 57)

Figura 16



1.4 Formulación del problema.

¿Cómo lograr mayor profundidad de pozos de agua en Jayanca - 2016?

1.5 Justificación del estudio.

El proyecto de tesis opta en la importancia de realizar el rediseño de la perforadora hidráulica para lograr mayor profundidad de pozos de agua subterránea, dicha perforadora hidráulica presenta problemas en la perforación, consumo de energía, tiempos de armado y desarmado, tiempos de viajes, es muy importante que la maquina trabaje en buenas condiciones para resolver los problemas que forman los programas de perforación de pozos de agua.

Dicho estudio en los tiempos de armado y desarmado, tiempos de viajes, consumo de energía, así como maniobras más rápidas, permitirá afinar más los tiempos que se llevará a cabo en el proyecto de perforación de uno o varios pozos.

1.6 Hipótesis.

Si se realiza el rediseño de la perforadora hidráulica, entonces, se obtendrá mayor profundidad de perforación de pozos de agua en el Distrito de Jayanca.

1.7 Objetivos.

OBJETIVO GENERAL.

Rediseñar la perforadora hidráulica para lograr mayor profundidad de pozos de agua en el Distrito de Jayanca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Diagnosticar el estado de operatividad de la perforadora hidráulica, para lograr mayor profundidad de pozos de agua.

- Calcular la profundidad de pozos de agua.

- Diseñar la perforadora hidráulica utilizando cálculos estructurales e hidráulicos, para lograr la operatividad de la perforadora.

- Evaluar la factibilidad económica utilizando los parámetros de medición tales como tasa interna de retorno (TIR), Valor Neto Actual (VAN), relación benéfico costo (R B/C).

II. MÉTODO.

2.1 Diseño de investigación:

El tipo de investigación es aplicada, porque se emplean las teorías establecidas en el entendimiento de situaciones problemáticas, para el correcto funcionamiento del mismo, planteamiento de soluciones en problemas específicos, también es de tipo descriptivo ésta investigación, porque se describirán los distintos elementos de la situación del problema.

El diseño de investigación es no experimental; es decir no se tendrá control sobre las variables porque los hechos ya ocurrieron, sino la observación del fenómeno tal como se dan en su contexto natural, para posteriormente analizarlos.

2.2 Variables, operacionalización.

Las variables se clasifican en:

Variable Independiente.

Rediseño de una perforadora hidráulica.

Variable Dependiente.

Profundidad de pozos de agua.

Tabla N° 18

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacionalidad	Indicadores	Escala de Medición
<p>Variable Independiente Rediseño de una Perforadora hidráulica</p>	<p>Utilizado para la perforación de pozos de agua, instalación de tuberías subterráneas y de limpieza de pozos. Está compuesta principalmente por motor, broca varilla de perforación, barril central, soporte de taladro, etc. Generalmente hay tres tipos de perforadora para pozos de agua: de perforación rotativa, perforación de percusión y combinación. (Tecnología minera, 2016)</p>	<p>para el rediseño de la perforadora se utilizara las leyes de mecánica, mecánica de fluidos, resistencia de materiales, tales como: fuerza, caudal, velocidad de rotación y de fluido, dureza y esfuerzos de viga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Esfuerzos de viga. - Rotación del eje de tubería. - Velocidad avance y corte. - Velocidad de fluido. - Cálculo de dureza de roca. - Carga aplicada a la tubería de perforación. 	<p>MPa kN.m rpm m/min kN</p>
<p>Variable dependiente Profundidad de pozos de agua.</p>	<p>Se caracteriza por un diámetro grande, de unos 3 m y por el sistema tradicional de perforación vertical empleado. La amplitud de su sección transversal (3 m) permite realizar galerías de fondo en el contacto con la zona saturada; estas aumentan la superficie drenante e inducen una depresión menor del nivel para un mismo caudal de bombeo, la cual atenúa la posible intrusión marina en caso de acuíferos costeros. (Hernández, Timón, Arroyo, Castaño y Lario, 2012, p. 22).</p>	<p>Ubicación del pozo (registro de estudios geológicos), proceder al perforado con la medida correspondiente de la broca hasta alcanzar la profundidad requerida.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Densidad aparente de suelos. - Diámetro de la broca. - Fuerza de corte de la broca. - Fuerza interna debido a la presión de lodo de perforación. - Material de la broca. 	<p>kg/m³ pulg kN N/m³</p>

Elaboración propia

2.3 Población y muestra.

La población está conformada por las máquinas de perforación, que se encuentran registrados en (ANA), 62 empresas dedicadas a la perforación y mantenimiento de pozos de aguas subterráneas.

La muestra, representativa, es una máquina perforadora, prototipo, construida de acuerdo al diseño de Hayden. Y que presta a las necesidades del sistema de perforación hidráulica a diseñar.

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

2.4.1 Técnicas.

a) Observación:

Esta técnica se utiliza para poder conocer la perforadora hidráulica de una manera física, comprender la ubicación de los componentes, también nos ayudara analizar en las condiciones en las que se encontró y de esta manera poder facilitar la toma de decisiones.

b) Entrevista:

Es de vital de importancia para ponerse al tanto de los problemas que se han presentado en la perforadora hidráulica.

c) Revisión Documental:

Esta técnica me permite obtener información necesaria sobre al tema de investigación, como fuentes, libros, publicaciones, revistas, tesis de licenciatura, informes.

2.4.2 Instrumentos para la recolección de datos.

Para este proyecto de investigación se utilizarán los siguientes instrumentos:

- **Guía de observación:** Esto permite corroborar en la realidad del funcionamiento de los equipos con las visitas que se realizaron a la perforadora hidráulica.
- **Guía de Entrevista:** Es un dialogo dirigido, que permite recopilar la información de la perforadora hidráulica.
- **Guía de análisis de documentos:** Se han revisado en las fuentes las fichas técnicas y características, componentes sobre la perforadora hidráulica.

2.4.3 Validez y confiabilidad de los instrumentos.

Para la validez de este proyecto de investigación existen programas estadísticos como Alfa Cronbach, en este caso por ser un trabajo de diseño, aparecen variables intervinientes por lo que se ha visto preferible que la validez y confiabilidad sea sometido a juicio de expertos.

2.5 Métodos de análisis de datos.

- **Enfoque Cualitativo**

Se realizarán entrevistas, guía de recolección de datos, se examinarán minuciosamente, permitiendo obtener datos importantes sobre lo referente a la perforadora hidráulica y así plantear adecuadamente el diseño.

2.6 Aspectos éticos.

Durante la investigación se tuvo en cuenta los principios éticos:

- La Información confiable y objetiva respecto de los usuarios y comunidad estudiantil por lo cual tienen interés en los resultados a los que se arriben en la presente investigación.
- En la que involucró consideraciones del presente estudio que no altera la información que recopiló y de la misma manera, los datos obtenidos de dicha relación investigador-personas entrevistados serían totalmente confidenciales.

III RESULTADOS.

3.1 Diagnosticar el estado de operatividad de la perforadora hidráulica, para lograr mayor profundidad de pozos de agua.

Para diagnosticar el estado actual que se encuentra la perforadora hidráulica, se basa en la inspección que se detalla a continuación, con el objetivo de analizar la problemática que presenta la perforadora hidráulica para pozos de agua.

3.1.1 Torre de perforación.

Es la estructura que sirve como guía para el desplazamiento de la mesa rotatoria cuando descendente o ascendente, desplazado por el cilindro hidráulico de elevación, también sirve para soportar los deslizadores de la perforadora.

Inspección.

La estructura está construida de un tubo cuadrado de un material de aluminio H-12 / H-22, se ha podido detectar la condición problemática de la estructura y esto se encuentra en los soportes de los deslizadores, juego radial, los soportes están fabricados de un material de resina sintética llamado baquelita Politetrafluoroetileno (PTFE). se recomienda cambiarlo, esto será acoplado directamente en la viga para no tener el juego radial.

Imagen 2

Elaboración propia



Torre de perforación

Imagen 3

Elaboración propia



Deslizadores

3.1.2 Chasis (Bastidor).

Es una estructura donde están montados todos los componentes del sistema que comprende el motor, la torre de perforación y accesorios.

Inspección.

Está fabricada de un tubo cuadrado de 4 x 4 con material de aluminio H-12 / H-22, problemas es por no contar con un remolque para hacer el traslado de un lugar a otro. Es recomendable colocar una estructura de mayor resistencia y también colocar el remolque para no tener estos problemas.

Imagen 4



Elaboración propia

Chasis de la perforadora hidráulica

Imagen 5



Elaboración propia

traslado de la perforadora hidráulica.

3.1.3 Estabilizadores de la estructura portante.

Como su mismo nombre lo dice sirve para soportar toda la perforadora, son cuatro puntos de apoyo.

Inspección.

Está construida de un tubo redondo de un material de aluminio H-12 / H-22, el diagnóstico de los problemas que ocurren al momento de empezar el trabajo de perforación, tenemos que ocupar un arco y un teclé para poder levantar a un nivel adecuado y colocar los estabilizadores en su respectiva ubicación. Se recomienda colocar cilindros hidráulicos para no tener estos problemas.

Imagen 6

Elaboración propia



Puntos de apoyo.

Imagen 7

Elaboración propia



Colocación del teche de arco para ubicar los estabilizadores

3.1.4 Unidad de potencia mecánica.

Es el sistema de fuerza que tiene para accionar los componentes hidráulicos sus características es:

Inspección.

Es un motor de combustión interna de cuatro émbolos. La unidad de potencia es del tipo cummins de 97 kW, Velocidad Max. 2200 rpm, el problema o estudio que se realizó el motor tiene una potencia suficiente como para trabajar a mayores cargas, esto quiere decir que el motor esta sobre dimensionado para la bomba, esto ha beneficiado al propietario para poder acoplar al eje de este motor más carga, esto se puede mejorar colocando una bomba hidráulica de mayor capacidad para perforación de mayor profundidad.



3.1.5 Unidad de potencia hidráulica.

La función es generar el flujo del fluido hidráulico a los diferentes circuitos del sistema,

Inspección

Es una bomba de engranajes construida del marca Bosch Group, consta de tres cuerpos, cada cuerpo es de $47.1 \text{ L/min} \approx 785 \text{ cm}^3/\text{s}$, de 500 a 3000 rpm, presión mínima de trabajo 210 bar presión máxima de trabajo 250 bar, para alimentar a los circuitos del sistema, el primer cuerpo alimenta al cilindro hidráulico de posicionamiento del mástil y también al cilindro de ascenso y descenso de la mesa rotaria, el segundo y tercer cuerpo unidos a un solo conducto para alimentar al motor hidráulico, el problema según el estudio realizado es cómo podemos apreciar en la imagen dos cuerpos están unidos a un conducto de una pulgada y es de bajas presiones, por los escapes y perdidas internas que realiza al momento de trabajar producida por la acción o esfuerzo para bombear un fluido a presión, se debe a que esta bomba hidráulica suministra poco caudal. Se recomienda cambiar por una bomba de alta presión.



3.1.6 Válvulas.

Es la que da dirección al fluido hidráulico de acuerdo a la necesidad del trabajo a realizar.

Inspección.

Es de tipo Vickers compacta, con distribuidor proporcional 4/3 de centro cerrado, tiene una entrada 2 secciones compensadas más 1 salida, cada sección es una válvula direccional de comando manual o de accionamiento de esfuerzo muscular.

Tiene un segundo bloque una válvula direccional 4/3 de centro cerrado y es la que da el sentido de giro al motor hidráulico para realizar perforación, cambio de brocas. El problema es cuando está en provisión de reposo el vástago comienza a salir lentamente sin necesidad de darle señal o accionamiento y además presenta fugas de aceite por las sobrepresiones, es recomendable cambiar por otra válvula, y también adicionar una válvula reguladora de presión.

Imagen 10



Válvulas

3.1.7 Cilindros hidráulicos.

Es un cilindro lineal que trabaja con un fluido hidráulico presurizado para realizar fuerzas de acción y compresión.

Inspección.

El cilindro hidráulico sirve para levantar el mástil y posicionar verticalmente la estructura del riel de deslizamiento de la mesa rotatoria, el problema o estudio realizado no cuenta con ese cilindro hidráulico en este caso queda el mástil en la posición vertical y es un problema para trasladarlo. Se recomienda colocar un cilindro hidráulico.

Imagen 11



Elaboración Propia

Cilindro Hidráulico.

3.1.8 Hidrómotor.

Este motor recibe el fluido hidráulico a presión constante para accionar en forma rotatoria, cumple una función importante de accionar en forma rotatoria al conjunto de tubería y broca de perforación.

Inspección.

Es un motor tipo char-lynn 2000 series, el problema o estudio realizado tiene un torque 7470 Lb/pulg, (845 N.m) de 20 gpm continuos- 30 gpm intermitente, es alimentado por la unidad de potencia hidráulica. Se recomienda cambiar para lograr vencer la resistencia de roca.

Imagen 12



Elaboración Propia

Motor Hidráulico.

3.1.9 Mesa rotaria.

Es un sistema que en su interior lleva engranes para reducir la velocidad y aumentar el par mecánico.

Inspección.

El cuerpo es de hierro fundido con engranes de tipo helicoidales, el problema o estudio realizado tiene una relación de transmisión de engranes de 2,1. Según las pruebas realizadas con el tacómetro se obtenía una salida de velocidad angular de 32.04 rad/s, 306 rpm. Se recomienda cambiar, porque es para rocas muy blandas y para vencer la dureza de roca blanda se necesita 100 rpm.

Imagen 13



Mesa rotaria

Imagen 14



Pruebas realizadas con el tacómetro

3.1.10 Bomba de lodos.

La función es de recircular el fluido de perforación extrayendo el detritus, sostiene las paredes, estabiliza la columna de perforación, refrigera la broca.

Inspección.

Para el trabajo de la bomba ocupa un motor de la serie LD 13 kW, por no estar acoplado al mismo motor de la perforadora y es un problema al movilizarlo de un lugar a otro. Se recomienda cambiar por una nueva bomba que será acoplada al motor.

Imagen 15

Elaboración propia



Bomba de lodos.

3.1.11 Diagrama de flujo de la perforadora hidráulica.

Diagrama 1

Elaboración Propia.

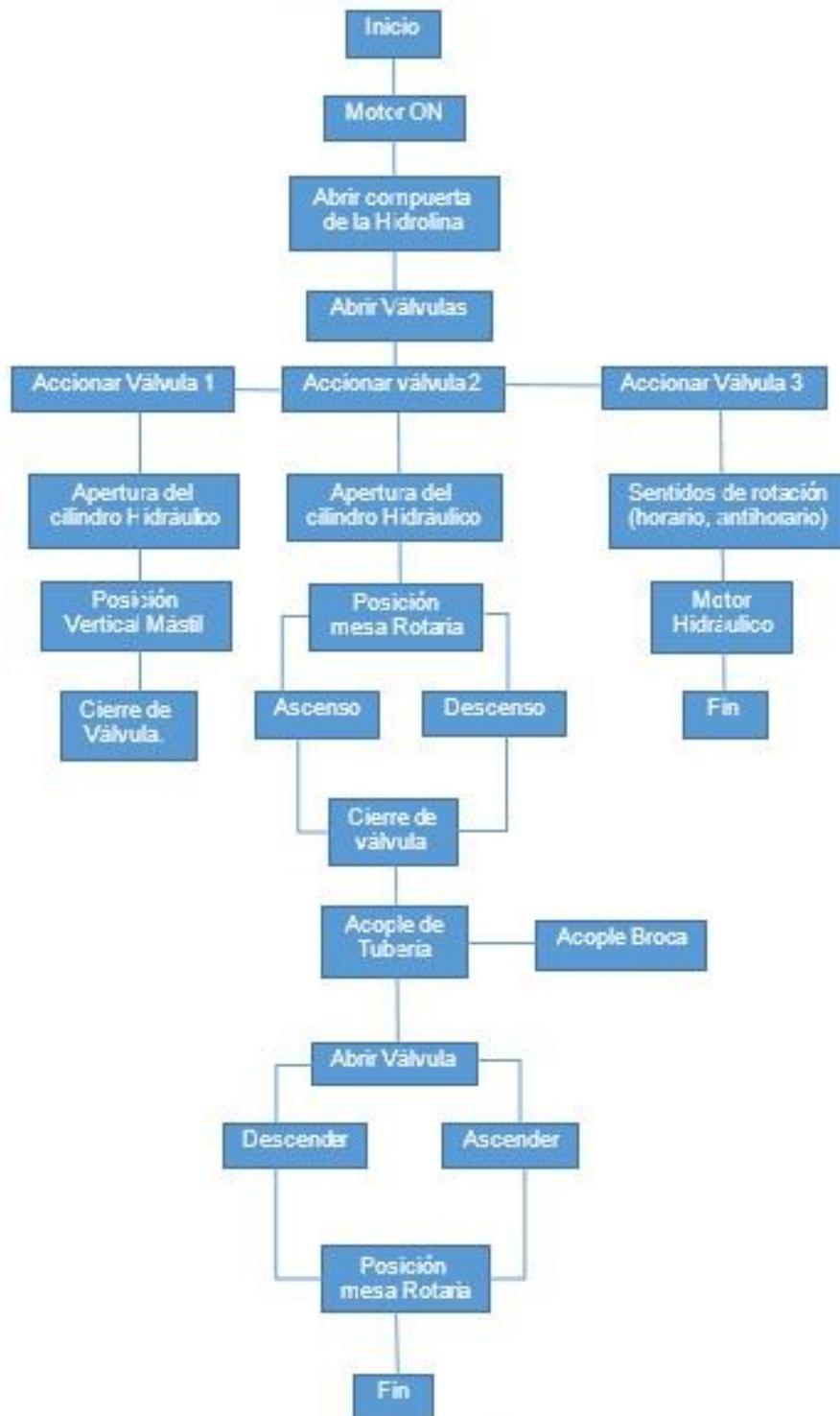


Diagrama de flujo

❖ **Los problemas que se presentan en el proceso de perforación.**

En los proyectos de perforación que se realizan mayormente están enfocados en trabajos de campo, realizadas en los diferentes tipos o estudios de suelo que ocasionan impactos al momento de trabajar y operar la perforadora hidráulica, logrando que tenga problemas en los diferentes componentes hidráulicos o estructuras que ocasionan pérdidas de tiempo, y en caso a no entregar a tiempo dicho proyecto, en toda perforación que realiza según el operario tiene dificultad al momento de levantar la columna para realizar la perforación, tiene inconvenientes en la instalación de la máquina, dificulta al momento de trasladar de un punto hacia otro, dificultad en la mesa rotaria por rotura de engranes y no llega a la profundidad propuesta que en mayores profundidades encuentran piedras de mayor durabilidad, estos problemas e inconveniente hacen que los trabajos de perforación no están acorde con el tiempo que se propone al momento de realizar el proyecto de perforación.

❖ **Inconvenientes al momento de movilizar de un punto hacia otro la perforadora hidráulica.**

Debido a que los trabajos son dispersos la máquina tiene la necesidad de ser transportada al punto de trabajo por lo que actualmente se transporta apoyada en un camión grúa, pero en algunas oportunidades la grúa no está disponible, en este caso se presenta contratiempo para el transporte, es debido a que la perforadora no cuenta con el transporte de la perforadora.

3.2 Cálculo de la profundidad de pozos de agua.

El gran número de problemas que se presenta al momento de realizar un proyecto de perforación, se encontró con estas condiciones, pérdidas de tiempo al movilizarlo, armado y por no lograr a la profundidad de perforación, visto a ello se plantea un rediseño de la perforadora hidráulica.

3.2.1 Diseño de la perforadora:

Hay que hacer ciertas modificaciones en los cálculos de los parámetros para realizar el Rediseño de la perforadora, tenemos que medir los parámetros y realizar la máquina. En primer lugar, tenemos que conocer, la velocidad de rotación de la mesa rotatoria (rpm), magnitud o empuje sobre la roca, diámetro del barreno, velocidad y el caudal del fluido de perforación necesario para la evacuación del detritus, desgaste de la broca.

3.2.2 Macizo rocoso.

Para proceder con el desarrollo primero hay que saber la resistencia de roca. En este cuadro se encuentran las características del macizo rocoso y los rendimientos dependientes del operario. Nos dirigimos a la tabla N° 3, clasificación de tipo de rocas.

Según la data sacada del estudio geológico del departamento de Lambayeque, se toma el tipo de roca con una resistencia de compresión, 43.35 MPa. En este caso se puede apreciar en el cuadro como un tipo de roca Blanda.

3.2.3 Velocidad de rotación de la mesa rotatoria (rpm).

Según la tabla N° 4, para el tipo de roca, se trabajará a una velocidad de rotación igual a 100 rpm

3.2.4 Magnitud o empuje sobre la roca.

Esto aumenta directamente con la dureza de la roca, y debe alcanzar y sobrepasar la resistencia a la compresión, en el tipo de rocas dura y

muy duras si excedes la fuerza esto ocasionará destrucción a la broca por lo que conducirá al término de la vida útil del trepano.

3.2.5 diámetro del barreno.

Según el estudio geológico del Departamento de Lambayeque, el pozo más común de perforación es de diámetro 228.6 mm

Las brocas comerciales están medidas en pulgadas, utilizaremos para la perforación del pozo con un diámetro exterior de 9 pulg. (ver Tabla 22)

- Para vencer la dureza de la roca la fuerza de empuje mínima se da por la siguiente ecuación (22) de la pág. 30.

donde:

$$F_{mín.} = 28.5 * C_s * \phi_{tricono}$$
$$F_{mín.} = 28.5 * 43.35 \text{ MPa} * 9 \text{ pulg}$$
$$F_{mín.} = 11119 \text{ Lb}$$
$$F_{mín.} = 49.46 \text{ kN}$$

- Para calcular el empuje máximo que se encuentra por encima del enterramiento del tricono, se considera que vale el doble del valor de la fuerza de empuje mínima, por la ecuación (23) de la pág. 31.

$$F_{max.} = 2 * \phi_{mín}$$
$$F_{max.} = 22238.55 \text{ Lb}$$
$$F_{max.} = 98.92 \text{ kN}$$

- Para calcular el empuje Limite, dependerá del diámetro de tricono, por la ecuación (24) de la pág. 31.

$$F_{lim.} = 810 * \phi_{tricono}^2$$
$$F_{Limite} = 65610 \text{ Lb}$$
$$F_{Limite} = 291.85 \text{ kN}$$

Para el desarrollo de los esfuerzos de la tubería, se tomará el valor de la fuerza de empuje 43 kN.

3.2.6 Velocidad y el Caudal del fluido de perforación necesario para la evacuación del detritus.

❖ Velocidad del fluido.

Para poder extraer el detritus tenemos que conocer la densidad de la roca y su tamaño promedio de las partículas. Aplicaremos la ecuación (12) de la pág. 22, para poder estimar la velocidad mínima.

$$V = 573 \left(\frac{\delta}{\delta r + 1} \right) x^{0.6}$$

Según en la práctica minera para la velocidad del fluido del tipo de roca, son las que se menciona en la tabla 6.

❖ Caudal del fluido.

En este caso para el área de la sección por donde circula el agua, podemos observar entre la diferencia del diámetro de la perforación con respecto al diámetro exterior de las varillas, cuando encontramos rocas de mayor resistencia el tamaño de detritus es pequeño, en la práctica minera para el caudal del fluido se menciona en la tabla 7 para el tipo de roca blanda.

3.2.7 El bastidor.

Esta estructura sirve para soportar la fuerza de empuje que se aplicará a la broca, fuerza de reacción de la tubería en el momento del perforado y el peso del motor hidráulico, pistón de arrastre estructura de soporte.

➤ Selección del bastidor.

La característica se ha tomado de las propiedades mecánicas comerciales de un tubo rectangular de 6 x 3 x 3/16 pulg. elegida del reglamento (American Institute of Steel Construction).

Característica:

- ✓ Esfuerzo de tensión: $\sigma_y = 46 \text{ Ksi} = 315 \text{ MPa}$
- ✓ Área del perfil rectangular: $A_p = 3.14 \text{ pulg}^2 = 2.026 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$
- ✓ Momento de inercia con respecto al eje "x": $I_x = 14.3 \text{ pulg}^4 = 5.95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

Según el método LRFD (Diseño de factor de carga y resistencia), es un método que se utiliza para el diseño de estructuras de acero, este nos permite hacer de una manera más eficaz nuestro proyecto. tomamos en cuenta de las cargas debido a la perforación y del peso

de la estructura (D), para estos parámetros LRFD se colocará otros términos:

- ✓ L = realizado por carga viva
- ✓ S = realizado por la nieve.
- ✓ L_r = realizado por la carga viva del techo.
- ✓ R = realizado por la lluvia
- ✓ E = realizado por el sismo.
- ✓ W = realizado por el viento.

3.2.8 Cálculo de las cargas aplicadas

Para esta carga aplicada de fuerzas externas se analiza en dos formas distintas.

➤ **Cuando desciende la cabeza de rotación.**

Cuando la cabeza de rotación se encuentra descendiendo en esto aplica una fuerza de compresión, por las reacciones producidas por el terreno.

✓ **Fuerza de compresión.**

Esta fuerza realizada por la broca que empuja hacia el terreno.

$$F_e = F_{\text{compresión}} = 43 \text{ kN}$$

➤ **Cuando asciende la cabeza de rotación.**

Cuando la mesa rotaria se encuentra ascendiendo aplica una fuerza de tensión por el peso que tiene la broca, la tubería, el terreno pegado a la tubería y el lodo de perforación que pasa por dentro de la tubería.

- ✓ **Peso nominal del tubo:** teniendo en cuenta el peso máximo de la tubería a 200 m de longitud y el peso nominal de la tubería 19.79 kg/m (Tabla 23), Aplicamos la ecuación (14) de la pág. 23.

$$W_{\text{tubería.}} = 19.79 \text{ kg/m} * 200 \text{ m} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_{\text{tubería.}} = 38.83 \text{ kN}$$

- ✓ **Peso del tricono:**

$$D_e = 0.23 \text{ m}$$

Para sacar el diámetro interior tenemos que saber el espacio anular (lugar por donde es evacuado el detritus) que viene hacer la diferencia de diámetro que existe entre la broca y la barra. (9 – 7 = 2 pulg). Entonces 7 pulg = 0.18 m

$$d_i = 0.18 \text{ m}$$

$$L = 0.2 \text{ m}$$

Densidad media del acero: 7850 Kg/m³ según (American Institute of Steel Construction), aplicamos la ecuación (15) de la pág. 24

$$\rho_a = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$w_{broca} = \rho_a \left(\frac{\pi D_e^2}{4} - \frac{\pi d_i^2}{4} \right) * l * g$$

$$w_{broca} = \rho_a \left(\frac{\pi D_e^2}{4} - \frac{\pi d_i^2}{4} \right) * l * 9.81$$

$$w_{broca} = 7850 \left(\frac{\pi (0.23)^2}{4} - \frac{\pi (0.18)^2}{4} \right) * 0.2 * 9.81$$

$$w_{broca} = 249.73 \text{ N}$$

✓ Peso del terreno: aplicamos la ecuación (16) de la pág. 26.

Tabla 19

Tipos de terreno		Densidades
		Kg/m ³
	Arenisca	2600
	Arenoso poroso y caliza porosa	2500
	Basalto, dorita	3000
MTI	Calizas compactas y mármoles.	2800
	Granito, sienita, diabasa, pórfido	2800
	Génesis	3000
	Mármol	2700
	Pizarra	2800

Densidad de terreno.

$$\rho_{\text{terreno arenoso}} = 2500 \text{ kg/m}^3$$

$$w_{\text{terreno}} = \rho_t \left(\frac{\pi D_e^2}{4} \right) * l * g$$

$$w_{\text{terreno}} = 2500 \left(\frac{\pi (0.23)^2}{4} \right) * 0.2 * 9.81$$

$$w_{\text{terreno}} = 201 \text{ N}$$

✓ Peso del lodo sobre la broca:

En perforaciones de agua se ocupa una densidad el lodo de 9 ppg densidad del agua 1000 kg/m³ = 8,33 ppg, aplicamos la ecuación (17) de la pág. 26

$$\rho_{\text{lodo}} = \frac{9 \text{ ppg} * 1000 \text{ Kg/m}^3}{8.33 \text{ ppg}} = 1080 \text{ kg/m}^3 = 1.80 \text{ gr/cm}^3$$

$$P_{h, \text{ max}} = \frac{p * h}{10} = \frac{1.08 * 200}{10} = 21.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$W_{\text{lodo}} = P_{h,\text{m}\acute{a}\text{x.}} * A_{\text{broca}}$$

$$W_{\text{lodo}} = 21.6 \left(\frac{\pi (23)^2}{4} - \frac{\pi (8.89)^2}{4} \right) * 9.81$$

$$W_{\text{lodo}} = 73.8 \text{ kN}$$

✓ Fuerza de tensión en la tubería aplicada a la mesa rotaria.

Para hallar la fuerza de tensión tenemos que tener el peso de la tubería, el peso de la tricono, el peso del terreno y el peso del lodo, aplicamos la ecuación (18) de la pág. 26.

$$F_t = W \text{ tubería} + W \text{ tricono} + W \text{ terreno} + W \text{ lodo.}$$

$$F_t = 38.83 + 0.249 + 0.201 + 73.8$$

$$F_t = 113.06 \text{ kN}$$

3.2.9 Carga aplicada en momento de ascender y descender la mesa rotatoria

✓ Cálculo de la fuerza efectuada por un tubo circular acerado ASTM A36.

Fuerza de compresión del cilindro hidráulico.

Tabla 20

ØPISTON	ØVÁSTAGO PISTON ROD Ø	SECCIONES (cm ²)AREAS (cm ²)		
		PISTON	VÁSTAGO PISTON ROD	ANULAR ANNULAR
40	22	12,57	3,80	8,77
	28		6,16	6,41
50	28	19,64	6,16	13,48
	36		10,18	9,46
63	36	31,17	10,18	20,99
	45		15,90	15,27
80	45	50,27	15,90	34,36
	56		24,63	25,64
100	56	78,54	24,63	53,91
	70		38,48	40,06
125	70	122,72	38,48	84,23
	90		63,62	59,10
160	90	201,6	63,62	137,45
	110		95,03	106,03
200	125	314,16	122,72	191,44
	140		153,94	160,22
250	140	490,87	153,94	336,93
	180		254,47	236,40

Tabla de secciones y áreas.

Si se alimenta un cilindro hidráulico con aceite a presión en el lado del pistón P(bar), éste genera la fuerza de compresión, aplicamos la ecuación (3) de la pág. 16.

$$F_{compresión} = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{400}$$

$$F_{compresión} = \frac{140 \cdot \pi \cdot (10 \text{ cm})^2}{400} = 109 \text{ kN}$$

Cálculo del esfuerzo residual a un tubo circular acerado SAE A36 de 2 pulg, aplicamos la ecuación (4) de la pág. 17.

Tabla 21

DIMENSIONES		
Sistema Inglés (pulgadas)		
Aceros Arequipa	3/8	1 1/4
	1/2	1 3/8
	5/8	1 1/2
	3/4	1 3/4
	7/8	2
	1	2 1/4
	1 1/8	2 1/2
	Dimensión del tubo	

$$\sigma_{tracción} = \frac{F}{A}$$

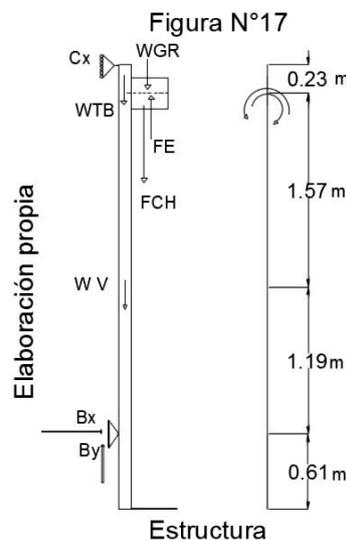
$$\sigma_{tracción} = \frac{109 \text{ KN}}{\pi \cdot (50.8 \text{ mm})^2 / 4} = 2.756 \text{ MPa}$$

Según las propiedades mecánicas tiene una resistencia a la tracción, 397 MPa, con límite de fluencia 248 MPa.

3.2.10 Cálculo de esfuerzos.

Por lo concerniente se toma la estructura deslizante y la mesa rotaria como una sola pieza.

➤ **Analizando cuando la mesa rotaria desciende.**



Nota:

$$F_e = 43 \text{ kN}$$

$$F_{\text{cili. H.}} = 109 \text{ kN}$$

$$M_{\text{sf}} = 5.76 \text{ kN}$$

$$W_{\text{GR}} = 520 \text{ N}$$

$$W_V = 730 \text{ N}$$

$$W_{\text{TB}} = 250 \text{ N}$$

$$A_T = 2.026 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Y_T = 0.0762 \text{ m}$$

$$I_x = 5.95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{AR} = 2.68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Donde:

F_e = Fuerza de empuje

$F_{\text{cili. H.}}$ = Fuerza del cilindro hidráulico y arrastre.

M_{sf} = La sumatoria de momento aplicada a la mesa rotaria apoyado a la viga.

W_{viga} = Peso de la viga.

W_{GR} = Pesos del grupo de rotación.

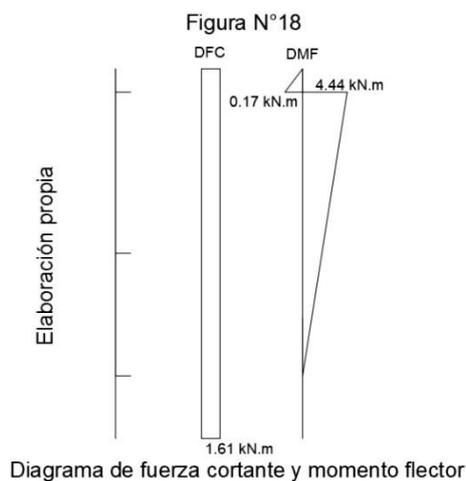
W_{TB} = Peso el sujetador tubo y arrastre

A_T = Área del perfil rectangular

Y_T = Trayectoria desde neutro al final de la viga en el eje "x".

I_x = Momento de inercia con respecto al eje "x":

I_{AR} = Momento de área del tubo rectangular en el eje "x".



- ✓ Hallar la resistencia en la base de la viga.

$$\sum M_1=0$$

$$2.89C_x + M_{sf} = M_D$$

$$C_x = \frac{10.36 \text{ kN.m} - 5.55 \text{ kN.m}}{2.91 \text{ m}} = 1.61 \text{ kN} \leftarrow$$

$$\sum F_Y=0$$

$$B_y = F_R + W_v + W_{TB}$$

$$B_y = 66520 + 730 + 250$$

$$B_y = 67.5 \text{ kN} \uparrow$$

$$\sum F_X=0$$

$$B_x = 1.61 \text{ kN} \rightarrow$$

- ✓ Hallando los esfuerzos normales: aplicamos la ecuación (4) de la pág. 17.

$$\sigma_n = \frac{n}{A_T} = \frac{66.77 * 10^3}{2.026 * 10^{-3}} = \sigma_n = 32.96 \text{ MPa}$$

- ✓ Hallando los esfuerzos cortantes: aplicamos la ecuación (5) de la pág. 17.

$$V = \frac{VI}{IT} = \frac{(1.59 * 10^3) * (2.68 * 10^{-5})}{(5.95 * 10^{-6}) * (4.763 * 10^{-3})} = 1.5 \text{ MPa}$$

- ✓ Hallando los esfuerzos de Flexión: aplicamos la ecuación (8) de la pág. 19.

$$\sigma = \frac{M.Y_T}{I} = \frac{(4.44 * 10^3) * 0.0762}{5.95 * 10^{-6}} = 56.86 \text{ MPa}$$

- ✓ Aplicando el procedimiento de Von Mises.

$$\sigma_{sim.} = \sqrt{(\sigma + \sigma)^2 + 3\tau^2} \quad (32)$$

$$\sigma_{sim.} = \sqrt{(\sigma + \sigma)^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(56.86 + 32.96)^2 + 3(1.5)^2} = 89.86 \text{ MPa}$$

- ✓ Realizando conforme a la aplicación LRFD.

Con respecto a D = $\sigma_{sim.} = 89.86 \text{ MPa}$.

$$1.4D = 1.4 * 89.86 = 125.80 \approx 126 \text{ MPa}$$

En conclusión, sale $\sigma_{eq} = 126 \text{ MPa}$

El elemento del chasis donde se desliza la mesa rotaria es de acero ASTM A36 cogiendo un factor de seguridad $n=2$ para relacionar el esfuerzo aceptable del elemento.

$\sigma_{acep} = \frac{\sigma_y}{2} = 126 \text{ MPa}$, entonces el esfuerzo equivalente es menor e igual que el esfuerzo aceptable esto quiere decir que satisface con el diseño.

➤ **Analizando cuando la mesa rotaria desciende y se encuentra en la parte céntrica de la viga.**

Nota:

$$F_e = 43 \text{ kN}$$

$$F_{\text{cili. H.}} = 109 \text{ kN}$$

$$M_{\text{sf}} = 5.76 \text{ kN}$$

$$W_{\text{GR}} = 520 \text{ N}$$

$$W_V = 730 \text{ N}$$

$$W_{\text{TB}} = 250 \text{ N}$$

$$F_r = 66.520 \text{ kN}$$

$$A_T = 2.026 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Y_T = 0.0762 \text{ m}$$

$$I_x = 5.95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{AR} = 2.68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Sabiendo que:

F_e = Fuerza de empuje

$F_{\text{cili. H.}}$ = Fuerza del cilindro hidráulico y arrastre.

M_{sf} = Sumatoria de momento aplicada a la mesa rotaria apoyado a la viga.

W_{viga} = Peso de la viga.

W_{GR} = Pesos del grupo de rotación.

W_{TB} = Peso el sujetador tubo y arrastre

A_T = Área del perfil rectangular

Y_T = Trayectoria desde neutro al final de la viga en el eje "x".

I_x = Momento de inercia con respecto al eje "x":

I_{AR} = Momento de área del tubo rectangular en el eje "x".

$$B_x = 1.61 \text{ kN} \rightarrow$$

$$C_x = 1.61 \text{ kN} \leftarrow$$

$$B_y = 67.5 \text{ kN} \uparrow$$

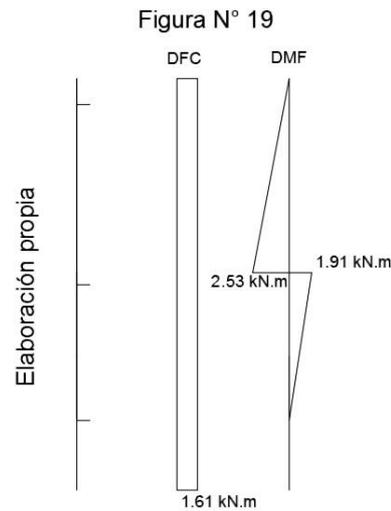


Diagrama de fuerza cortante y momento flector

✓ Hallando los esfuerzos normales: aplicamos la ecuación (4) de la pág. 17.

$$\sigma_n = \frac{n}{A_T} = \frac{66.04 \cdot 10^3}{2.026 \cdot 10^{-3}} = 32.60 \text{ MPa}$$

✓ Hallando los esfuerzos cortantes: aplicamos la ecuación (5) de la pág. 17.

$$V = \frac{VI}{IT} = \frac{(1.60 \cdot 10^3) \cdot (2.68 \cdot 10^{-5})}{(5.95 \cdot 10^{-6}) \cdot (4.763 \cdot 10^{-3})} = 1.52 \text{ MPa}$$

✓ Hallando los esfuerzos de Flexión: aplicamos la ecuación (8) de la pág. 19.

$$\sigma = \frac{M \cdot Y_T}{I} = \frac{(2.41 \cdot 10^3) \cdot 0.0762}{5.95 \cdot 10^{-6}} = 30.8 \text{ MPa}$$

Aplicando el procedimiento de Von Mises: aplicamos la ecuación (32) de la pág. 59.

$$\sigma_{sim.} = \sqrt{(\sigma + \sigma)^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(30.8 + 32.60)^2 + 3(1.52)^2} = 63.45 \text{ MPa}$$

✓ Realizando conforme a la aplicación LRFD.

Con respecto a $D = \sigma_{Sim.} = 63.45 \text{ MPa}$.

$$1.4D = 1.4 \cdot 63.45 = 88.83 \approx 89 \text{ MPa}$$

En conclusión, sale $\sigma_{eq} = 89 \text{ MPa}$

El elemento del chasis donde se desliza la mesa rotaria es de acero ASTM A36 cogiendo un factor de seguridad $n=2$ para relacionar el esfuerzo aceptable del elemento.

$\sigma_{acep} = \frac{\sigma_y}{2} = 89 \text{ MPa}$, entonces el esfuerzo equivalente es menor e igual que el esfuerzo aceptable esto quiere decir que satisface con el diseño.

➤ **Analizando cuando la mesa rotaria desciende y se encuentra en la parte inferior de la viga.**

Nota:

$$F_e = 43 \text{ kN}$$

$$F_{\text{cili. H.}} = 109 \text{ kN}$$

$$M_{\text{sf}} = 5.76 \text{ kN}$$

$$W_{\text{GR}} = 520 \text{ N}$$

$$W_V = 730 \text{ N}$$

$$W_{\text{TB}} = 250 \text{ N}$$

$$F_r = 66.520 \text{ kN}$$

$$A_T = 2.026 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Y_T = 0.0762 \text{ m}$$

$$I_x = 5.95 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$I_{AR} = 2.68 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3$$

Sabiendo que:

F_e = Fuerza de empuje

$F_{\text{cili. H.}}$ = Fuerza del cilindro hidráulico y arrastre.

M_{sf} = Sumatoria de momento aplicada a la mesa rotaria apoyado a la viga.

W_{viga} = Peso de la viga.

W_{GR} = Pesos del grupo de rotación.

W_{TB} = Peso el sujetador tubo y arrastre

A_T = Área del perfil rectangular

Y_T = Trayectoria desde neutro al final de la viga en el eje "x".

I_x = Momento de inercia con respecto al eje "x":

I_{AR} = Momento de área del tubo rectangular en el eje "x".

$B_X = 1.61 \text{ kN} \rightarrow$

$C_X = 1.61 \text{ kN} \leftarrow$

$B_Y = 67.5 \text{ kN} \uparrow$

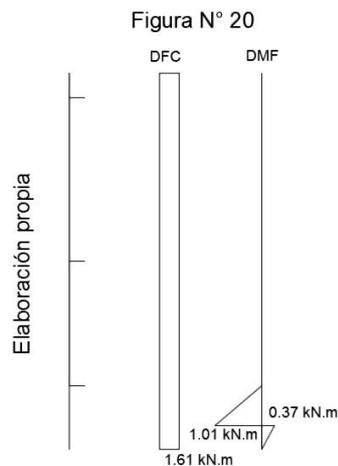


Diagrama de fuerza cortante y momento flector

- ✓ Hallando los esfuerzos normales: aplicamos la ecuación (4) de la pág. 17.

$$\sigma_n = \frac{n}{A_T} = \frac{66.77 * 10^3}{2.026 * 10^{-3}} = \sigma_n = 32.96 \text{ MPa}$$

- ✓ Hallando los esfuerzos cortantes: aplicamos la ecuación (5) de la pág. 17.

$$V = \frac{VI}{IT} = \frac{(1.61 * 10^3) * (2.68 * 10^{-5})}{(5.95 * 10^{-6}) * (4.763 * 10^{-3})} = 1.52 \text{ MPa}$$

- ✓ Hallando los esfuerzos de Flexión: aplicamos la ecuación (8) de la pág. 19.

$$\sigma = \frac{M \cdot Y_T}{I} = \frac{(4.44 * 10^3) * 0.0762}{5.95 * 10^{-6}} = 56.86 \text{ MPa}$$

- ✓ Aplicando el procedimiento de Von Mises: aplicamos la ecuación (32) de la pág. 59.

$$\sigma_{sim.} = \sqrt{(\sigma + \sigma)^2 + 3\tau^2} = \sqrt{(56.86 + 32.96)^2 + 3(1.52)^2} = 89.86 \text{ MPa}$$

- ✓ Realizando conforme a la aplicación LRFD.

Con respecto a $D = \sigma_{Sim.} = 89.86 \text{ MPa}$.

$$1.4D = 1.4 \cdot 89.86 = 125.80 \approx 126 \text{ MPa}$$

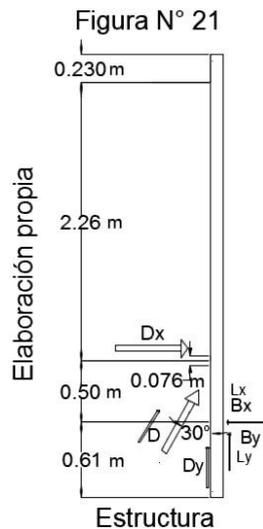
En conclusión, sale $\sigma_{eq} = 126 \text{ MPa}$

El elemento del chasis donde se desliza la mesa rotaria es de acero ASTM A36 cogiendo un factor de seguridad $n=2$ para relacionar el esfuerzo aceptable del elemento.

$\sigma_{acep} = \frac{\sigma_y}{2} = 126 \text{ MPa}$, entonces el esfuerzo es menor e igual que el esfuerzo aceptable esto quiere decir que satisface con el diseño.

a) Analizando para el esfuerzo del pin cuando el pistón levanta la viga.

Determinando todos los cálculos hallados, entonces ahora encontramos los esfuerzos cuando la mesa rotaria está descendiendo desde la parte de la cabeza.



Tomare los esfuerzos del punto B:

$$B_x = 1.61 \text{ kN} \rightarrow$$

$$B_y = 67.5 \text{ kN} \uparrow$$

Sabiendo que:

D_x = Empuje de del cilindro hidráulico de la parte "x"

D_y = Empuje de del cilindro hidráulico de la parte "y"

$$\sum F_x = 0$$

Esto sería: $L_x = D_x$

$$\sum F_Y = 0$$

$$B_Y + L_Y = D_Y$$

$$67.5 + L_Y = D \sin (30^\circ)$$

$$L_Y = 0.5 D - 67.5$$

$$\sum M = 0$$

$$1.11 B_X + 0.61 B_Y = 0.50 D_X$$

$$D_X = D \cos (30^\circ)$$

$$D = 99.92 \text{ kN}$$

$$L_Y = 17.54 \text{ kN} \uparrow \text{ La acción que ejerce en pin de forma vertical.}$$

$$L_x = 86.93 \text{ kN} \leftarrow \text{ La acción que ejerce en pin de forma horizontal.}$$

El material del pin: AISI/SAE 4340, con diámetro de 2 pulg.

$$\sigma_u = 710 \text{ MPa}; \sigma_t = 1110 \text{ MPa}; \sigma_u = 355 \text{ MPa};$$

3.2.11 Diseño del Tricono.

❖ Fuerza de empuje.

- ✓ Para realizar trabajos de perforación con diámetros de la elección de 9 pulg con una roca con resistencia a la compresión de 43.35 MPa. Tenemos que conocer la fuerza de empuje máximo sobre un tricono de 9 pulg, aplicamos la ecuación (23) de la pág. 31.

$$F_{\max.} = 810 * \Phi^2_{\text{tricono}}$$

$$F_{\max.} = 810 * (9 \text{ pulg})^2$$

$$F_{\max.} = 65610 \text{ Lb}$$

$$F_{\max.} = 291.85 \text{ kN}$$

$$F_{\text{unid.} \phi} = \frac{65610}{9} = 7290 \text{ Lb/pulg}$$

- La fuerza de empuje por unidad del diámetro si multiplicamos por 5 indicara la resistencia máxima que puede ser perforada a ese pozo al empuje máximo del tricono.

$$7290 * 5 = 36450 \text{ Lb/pulg}^2 = 250.4 \text{ MPa}$$

- Para la perforadora el empuje suficiente que debe proporcionar se calcula teniendo en cuenta la resistencia de la roca (43.35 MPa= 6309 Lb/pulg²) y el diámetro (9 pulg).

$$E_{\text{sufi.}} = \frac{6309}{5} * 9 = 11356.48 \text{ Lb/pulg}^2 = 78.03 \text{ MPa}$$

- Este tipo de tricono viene dado según el código IADC, donde se especifica el tipo de tricono (de dientes o insertos), para seleccionar el tipo de dígito debemos tener el valor entero, será dividiendo entre 10000 la resistencia a la compresión de la roca, en Lb/pulg², en este caso ocuparemos un tricono del tipo de Broca de acero del diente por formaciones blandas.



Tabla 22

Jereh internacional.	Tamaño		Codigo IADC	Recomendación	
	Pulg	mm		WOB (kN/mm)	Revolucion (R.P.M)
	9	228.6	136, 137	0,35 - 1,0	120 - 60

Mantener wob(peso sobre la barrena) mas alto en una velocidad normal.

❖ Corte aplicada sobre la roca.

Es similar al corte aplicado a la perforación de campos maquinados, como los taladros de banco, tenemos dos componentes, la fuerza tangencial y la fuerza de empuje.

- La fuerza de empuje; $F_{\min} = 49.46 \text{ kN}$
- La fuerza tangencial; la rotación de la broca vence el esfuerzo de la roca, para calcular la fuerza tangencial tenemos que conocer, el par resistente, con la medición respecto al eje de perforación y multiplicando a la fuerza tangencial por el radio de la broca.

En este caso ocupamos una broca de diámetro 9 pulg (radio exterior 4.5 pulg) (Tabla 22), para el diámetro interno $2r_i$, considerando el diámetro de la tubería de perforación 3 1/2 pulg.

- Para el coeficiente de fricción ocupamos un ángulo 35° , por ser de gran dureza, el coeficiente de fricción viene dado por: aplicamos la ecuación (19) de la pág. 27.

$$\begin{aligned}\mu &= \tan(\varphi) \\ \mu &= \tan(35^\circ) \\ \mu &= 0.70\end{aligned}$$

$$T_{par\ resist.} = \frac{2}{3} \mu F_{e,min.} \left(\frac{r_e^3 - r_i^3}{r_e^2 - r_i^2} \right)$$

$$T_{par\ resist.} = \frac{2}{3} * 0.70 * 49.46 \left(\frac{0.1143^3 - 0.04445^3}{0.1143^2 - 0.04445^2} \right)$$

$$T_{par\ resist.} = 2.9255\ kN.m = 2925\ N.m$$

3.2.12 Velocidad de penetración.

Se tiene que tener muchos factores geológicos, como propiedades físicas de la roca, resistencia a la compresión, esto se basa en el rendimiento de la operación usando formulas empíricas que van acorde al avance del tricono en cada revolución, aplicamos la ecuación (20) de la pág. 28.

$$VP = \frac{63.9 * F_{e. min.} N_r}{S_c^2 \phi^{0.9}}$$

se detalló que la resistencia de roca es de 43.35 MPa, con una velocidad de rotación igual a 100 rpm.

$$VP = \frac{63.9 * 5043.54\ kg * 100\ rpm}{43.35^2 * 228.6^{0.9}}$$

$$VP = 129.15\ m/h \approx 2.15\ m/min$$

3.2.13 Potencia de rotación.

Es necesario conocer lo que se ocupará para hacer girar el tricono, la potencia de rotación en HP, aplicamos la ecuación (21) de la pág. 29.

$$HP_r = K \cdot N_r F_{e.min.}^2$$

Teniendo en cuenta el diámetro del tricono (mm), velocidad de rotación (rpm), fuerza de empuje sobre la roca (kN), Calculando la potencia de rotación:

$$HP_r = 8.25 \times 10^{-10} * 228.6^2 * 100 * 49.46^2$$

$$HP_r = 10 \approx 7\ kW$$

3.2.14 Tubería de perforación.

Está conformada por la sarta de tuberías de perforación, se ha considerado una tubería con diámetro externo 3 1/2 pulg, según la característica de la tabla de datos de la tubería de perforación, característica técnica API.

Tabla 23

Tabla de datos de la tubería de perforación					
Datos de la tubería			unidades de medida		unidades de medida
Diámetros	De	3 1/2	pulg	88.9	mm
	Di	2.762	pulg	70.155	mm
Peso por unidad de longitud	w	13.3	lb/ft	19.79	kg/m
Grado y tipo	E-75 EU				
Resistencia máxima a la torsión	τ_u	18600	Ft-Lb	25218.21	N.m
Resistencia máxima a la tensión	f_u	271600	Lb	1123196	Kg
Espesor de pared	τ	0.368	pulg	9.34	mm
Área transversal	A o	2.762	pulg ²	1781.93	mm ²
Presión interna	p_i	13800	psi	116.09	MPa
Resistencia máxima al colapso	σ_c	16774	psi	115.65	MPa
Esfuerzo permisible de fluencia	σ_y	75	Ksi	517	MPa

La tabla proporciona datos para la sarta de perforación.

3.2.15 Determinar carga aplicada a la tubería de perforación.

Para la sarta de tuberías de perforación se someterán a cargas indirectas que están transmitidas por medio de la broca y del motor hidráulico de rotación, también cargas directas por la fricción de las partículas de rocas que ascienden a la superficie, para determinar la carga aplicada se tendrá en cuenta cuando está a la máxima profundidad.

Para determinar la carga aplicada ocupamos la fuerza de empuje máxima, $F_{max.} = 98.92$ kN

- Estos factores como el peso de la tubería, el peso de la broca, el peso del terreno, el peso del lodo es esencial para determinar la fuerza aplicada al cabezal de rotación, aplicamos la ecuación (18) de la pág. 26.

$$F_t = W \text{ tubería} + W \text{ tricono} + W \text{ terreno} + W \text{ lodo.}$$

$$F_t = 38.83 + 0.249 + 0.201 + 73.8$$

$$F_t = 113.06 \text{ kN}$$

❖ **Corte aplicado por el motor de giro debido al par torsor.**

La fuerza de torsión hacia la tubería que se aplicó, de la misma manera aplicaremos al eje de la broca conociendo su par resistente.

✓ **Sabiendo el par resistente calculamos la fuerza de Corte aplicado por el motor de giro que aplica un par torsor.**

Aplicando la ecuación (26) de la pág. 31.

$$F_{c. motor} = T_{par resist.} * \phi_{tubería}$$

$$F_{c, motor} = 4973.39 * 0.0889$$

$$F_{c, motor} = 442.13 \text{ N}$$

✓ **Corte por al rozamiento de las partículas echas por la broca.**

Calculamos suponiendo una densidad de la tierra a 2500 kg/m³, para hallar la fuerza de corte por unidad de longitud, en primer lugar, calculamos el volumen de la tubería de perforación con una altura máxima de 200 m, diámetro externo (D_e), diámetro interno (D_i), aplicando la ecuación (27) de la pág. 31.

$$V_{tubería} = L_{tubería} \left(\frac{\pi D_e^2}{4} - \frac{\pi d_i^2}{4} \right)$$

$$v_{tubería} = 200 * \left(\frac{\pi 0.0889^2}{4} - \frac{\pi 0.07020^2}{4} \right)$$

$$v_{tubería} = 0.46 \text{ m}^3$$

La tubería de perforación al estar en contacto con el suelo, calculamos la masa triturada que hace contacto con la tubería, aplicamos la ecuación (28) de la pág. 32.

$$M_t = \rho_{terreno} \cdot V_{tubería}$$

$$M_t = 2500 * 0.46$$

$$M_t = 1169 \text{ kg}$$

Respecto al peso de las partículas de la roca triturada que se dispersa a lo largo de toda la tubería, calculamos la fuerza de corte, aplicamos la ecuación (29) de la pág. 32.

$$F_c = M_t * 9.81$$

$$F_c = 11467 \text{ N}$$

- ✓ **Fuerza interna aplicada a la tubería de perforación por la existencia de una presión hidráulica del lodo.**

Por el interior de la tubería fluye el lodo de perforación esto pasa por las toberas del tricono para expulsar las partículas de la roca triturada hacia la superficie, esto hace que el interior de la tubería de perforación este sometida a fuerzas internas.

En este caso calcularemos primero la presión hidráulica, para una densidad del lodo 1080 kg/m^3 , aplicamos la ecuación (30) de la pág. 33.

$$P_{m\acute{a}x.} = \rho_{lodo} * h * g$$

$$P_{Max.} = 1080 * 200 * 9.81$$

$$P_{Max.} = 2.119 \text{ kN/m}^2$$

Desarrollado la presión hidráulica y sabiendo el área de la pared de la tubería, se puede calcular la fuerza interna hacia la tubería de perforación.

- ✓ **Torque a la tubería de perforación que causa la fuerza de corte producida por el rozamiento del detritus sobre la broca.**

El torque se calculará con el radio exterior de la tubería y la fuerza de corte calculado anteriormente, aplicamos la ecuación (31) de la pág. 33.

$$T_t = r_e * F_c$$

$$T_t = 0.0445 * 11467.81$$

$$T_t = 509.74 \text{ N.m}$$

3.2.16 Cálculo de esfuerzos a la tubería de perforación.

Análisis de las propiedades geométricas de los elementos de área

❖ Cálculo del área sección.

$$A = \left(\frac{\pi D_e^2}{4} - \frac{\pi D_i^2}{4} \right) \quad (3.33)$$

$$A = \left(\frac{\pi(88.90)^2}{4} - \frac{\pi(70.21)^2}{4} \right)$$

$$A = 2336.08 \text{ mm}^2 \approx 0.002336 \text{ m}^2$$

Momento de inercia.

$$I_z = \left(\frac{\pi D_e^2}{64} - \frac{\pi D_i^2}{64} \right) \quad (3.34)$$

$$I_z = \left(\frac{\pi(88.90)^4}{64} - \frac{\pi(70.2)^4}{64} \right) = 1873542.24 \text{ mm}^4 \approx 1.873542 \text{ m}^4$$

calculamos el esfuerzo normal por el empuje que se aplica a la roca. Teniendo la fuerza de tensión y el área.

$$\sigma_r = \frac{F_t - F_{e,max.}}{A} \quad (3.35)$$

$$\sigma_r = \frac{F_t - F_{e,max.}}{A} = \frac{113.063 - 98.92}{2.336} = 6.05 \text{ MPa}$$

Ahora calculamos el esfuerzo cortante por el momento que se aplica a la broca y el terreno. Teniendo la fuerza de tensión y el área, aplicamos la ecuación (5) de la pág. 17.

$$\tau_b = \frac{T_b}{J} = \frac{T_{par resist.} + T_t}{J} = \frac{T_{B_0} r}{\frac{\pi}{2}(r_e^4 - r_i^4)}$$

$$\tau_b = \frac{(2925.5 + 509.74) * 0.0445}{\left(\frac{\pi * 0.0445^4}{2} - \frac{\pi * 0.03510^4}{2} \right)} = 40751167.51 \approx 40.75 \text{ MPa}$$

También existe un esfuerzo por la fuerza que hay en la presión hidráulica esto sería, aplicamos la ecuación (4) de la pág. 17.

$$\sigma_{p. h.} = \frac{P_{h,max.} * r_i}{t_{espesor}}$$

$$\sigma_{p. h.} = \frac{2.1189 \text{ KN/m}^2 * 0.03510 \text{ m}}{0.00935 \text{ m}} = 7.96 \text{ MPa}$$

Necesitamos encontrar los esfuerzos normal y cortante para hallar el círculo de Mohr, con respecto a tres dimensiones (x, y, z), ubicado en la parte inferior de la tubería por ser donde más está en contacto con la roca.

Esfuerzo normal:

$$\sigma_x = 0$$

$$\sigma_y = \sigma_{p. h.} = 7.96 \text{ MPa}$$

$$\sigma_z = \sigma_z = 6.05 \text{ MPa}$$

Esfuerzo cortante:

$$\tau_{xy} = 0$$

$$\tau_{yz} = \tau_b = 40.75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{zx} = 0$$

Calculando los polinomios en la matriz de esfuerzos

$$\sigma = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 40.75 \\ 0 & 7.96 & 0 \\ 40.75 & 0 & 6.05 \end{bmatrix}$$

$$I_1 = 0 + 7.96 + 6.05 = 14.07$$

$$I_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 7.96 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 7.96 & 0 \\ 0 & 6.05 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 40.75 \\ 40.75 & 6.05 \end{bmatrix} = -1612.49$$

$$I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 40.75 \\ 0 & 7.96 & 0 \\ 40.75 & 0 & 6.05 \end{bmatrix}$$

$$I_3 = 0 \begin{bmatrix} 7.96 & 0 \\ 0 & 6.05 \end{bmatrix} + 0 \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 40.75 & 6.05 \end{bmatrix} + 40.75 \begin{bmatrix} 0 & 7.96 \\ 40.75 & 0 \end{bmatrix}$$

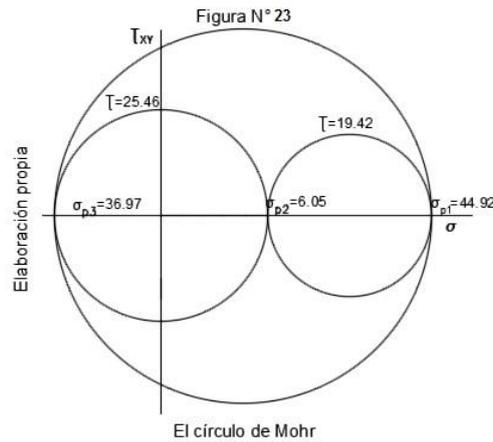
$$I_3 = 0[0] + 0[0] + 40.75 \begin{bmatrix} 0 & 7.96 \\ 40.75 & 0 \end{bmatrix} = -10052.53$$

$$-\sigma^3 + 14.07\sigma^2 + 1612.49\sigma - 10052.53 = 0$$

$$\sigma_1 = 44.92$$

$$\sigma_2 = 6.05$$

$$\sigma_3 = -36.97$$



En esta figura se demuestra el esfuerzo máximo producido por la tubería de perforación cunado llega a una profundidad máxima de 200 m, $\sigma = 44.92$ MPa, en mención al esfuerzo a la fluencia aceptable.

3.2.17 Elección del Cilindro o pistón hidráulico de elevación

La elección del cilindro hidráulico sirve para elevar y nivelar la estructura donde se encuentra mesa rotaria. Se desarrolló en la sección 3.2.10, a, en lo cual nos dio como resultado $D = 99.92$ kN
 Según el manual seleccionaré un cilindro hidráulico de hidráulicas prado, de presión nominal 160 bar, 16 MPa

- ✓ Encontrando el diámetro menor del pistón, aplicamos la ecuación (3) de la pág. 16.

$$P_{max.} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{99920}{16} = 6245 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{6245 * 4}{\pi}} = 89.134 \text{ mm}$$

Según la tabla (ver en anexos, tabla 35) seleccionare el cilindro hidráulico de diámetro del émbolo 80 mm y diámetro del vástago 40 mm

- Comprobación del Pandeo.

Para comprobar si el cilindro no exista el pandeo, debe satisfacerse los siguientes cálculos.

Fuerza del pandeo mayor o igual a la fuerza de compresión.

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 EI}{L_p^2 * FS} \quad (3.36)$$

Siendo:

Tipo de acero, $E = 2.1 * 10^5 \text{ N/mm}^2$

$$I = \frac{\pi d^2}{64} \quad (3.37)$$

$$I = \frac{\pi d^2}{64} = \frac{\pi (45)^4}{64} = 125760 \text{ mm}^4$$

$FS = 3$

$L_p = 2L = 1200 \text{ mm}$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 * E * I}{L_p^2 * FS}$$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 125760}{1200^2 * 3} = 60.429 \text{ kN}$$

El empuje del pandeo es:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{60429}{(\pi * 63^2) / 4} = 12.0 \text{ N/mm}^2$$

En este caso la presión del pandeo es mínimo que la presión mayor (16 N/mm^2).

Entonces ubicaremos una válvula de presión regularizada a 12.0 N/mm^2 (120 bar).

3.2.18 El Remolque.

Para el remolque se ha considerado una viga con sección transversal en forma de "U" con las respectivas medidas, 8". Con cualidades mecánicas ASTM A36 según la "Estándar Especificación for Structural Steel".

3.2.19 Nivelación del Remolque.

Para nivelar el remolque, se realizó la sumatoria de momentos, con el objetivo de conocer la fuerza que existe por cada cilindro hidráulico a la elevación global del remolque.



✓ Aplicando momentos en el plano.

Aplicando la ecuación (7) de la pág. 18

$$\sum M_{z1} = 0$$

$$(-1 * 4.903 \text{ kN}) - (3 * 40.213 \text{ kN}) - (3.518 * 1.414) + (2.80 \text{ m}) * Z_a = 0$$

$$Z_a = 46.613 \text{ kN}$$

Puesto que, de encontrarse en la misma disposición, (la inversa), otro cilindro hidráulico, el resultado se separa en dos, teniendo en consecuencia:

$$z_2 = z_3 = \frac{Z_a}{2}$$

$$Z_2 = \frac{46.613 \text{ kN}}{2} = 23.313 \text{ kN}$$

La comprensión de la suma de los momentos Z_a .

Aplicando la ecuación (7) de la pág. 18

$$\sum M_{za} = 0$$

$$(2.80 * -Z_1) + (1.8 * 4.903 \text{ kN}) + (0.20 * 40.213 \text{ kN}) + (3.518 * 1.386) = 0$$

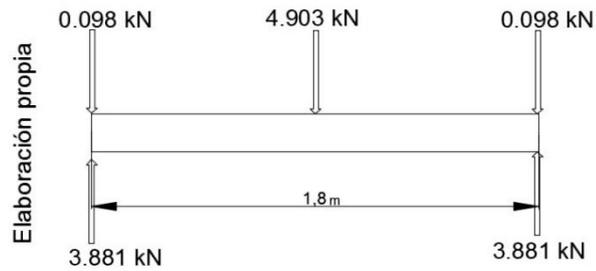
$$Z_1 = 7.766 \text{ kN}$$

Puesto que, de encontrarse en la misma disposición, (la inversa), otro cilindro hidráulico, el resultado se separa en dos, teniendo en consecuencia:

$$z_4 = z_1 = \frac{z_1}{2}$$

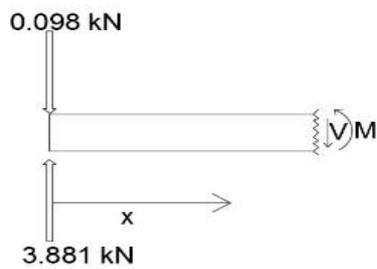
$$Z_1 = \frac{7.766 \text{ kN}}{2} = 3.883 \text{ kN}$$

Figura N° 25



Fuerzas aplicadas en el remolque.

$$0 < x < 0.9$$



$$0.9 < x < 1.8$$

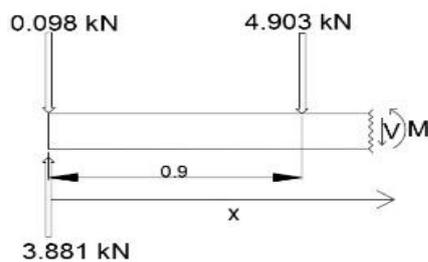
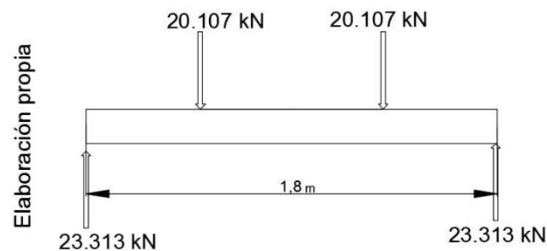
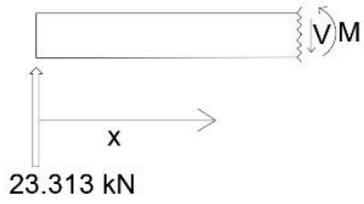


Figura N° 26

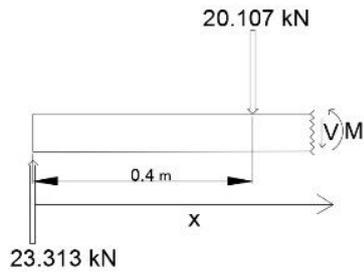


Fuerzas aplicadas en el remolque.

$0 < x < 0.4$



$0.4 < x < 1.4$



$1.4 < x < 1.8$

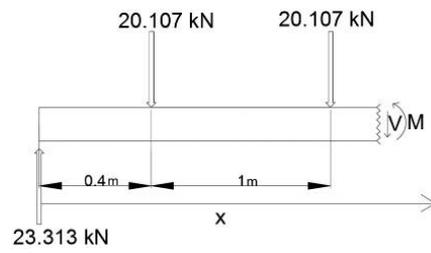


Diagrama N° 2

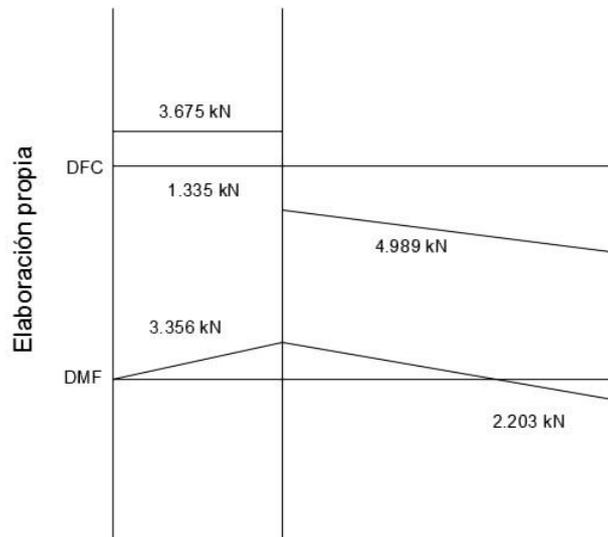


Diagrama de fuerza cortante y flexionante

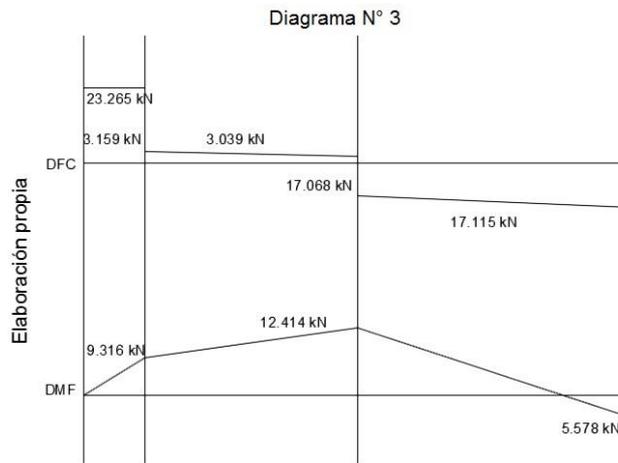


Diagrama de fuerza cortante y flexionante

a) Elección del cilindro o pistón hidráulico para la nivelación del remolque.

La elección del cilindro hidráulico esto servirá para elevar y nivelar el remolque donde se encuentran todos los componentes de perforación. Se desarrolló en la sección 3.2.19, en lo cual nos dio como resultado $Z_1 = 3.883 \text{ kN}$, $Z_2 = 23.313 \text{ kN}$

Según la tabla 35, (ver en anexos) se ha seleccionado un cilindro hidráulico de hidráulicas prado, de presión nominal 160 bar, 16 MPa, ✓ Encontrando el diámetro menor del pistón, para el primer caso Z_1 , aplicamos la ecuación (3) de la pág. 16.

$$P_{max.} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{3883}{16} = 242.688 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{242.688 * 4}{\pi}} = 17.57 \text{ mm}$$

Según el manual (ver en anexo, tabla 35) seleccionaré el cilindro hidráulico de diámetro del émbolo 40 mm y diámetro del vástago 28 mm

- Comprobación del Pandeo.

Para comprobar si el cilindro no exista el pandeo, debe satisfacerse los siguientes cálculos.

✓ Fuerza del pandeo mayor o igual a la fuerza de compresión, aplicamos la ecuación (3.36) de la pág. 74.

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 EI}{L_p^2 * FS}$$

Siendo:

Tipo de acero, $E = 2.1 * 10^5 \text{ N/mm}^2$, aplicamos la ecuación (3.37) de la pág. 74.

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 30194.976 \text{ mm}^4$$

$$FS = 3$$

$$L_p = 2L = 1200 \text{ mm}$$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 30194.976}{1200^2 * 3} = 14.509 \text{ kN}$$

La acción del pandeo es:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{14508.93}{(\pi * 40^2)/4} = 11.5 \text{ N/mm}^2$$

En este caso la presión del pandeo es mínimo que la presión mayor (16 N/mm^2).

Entonces se seleccionará una válvula de presión regularizada a 11.5 N/mm^2 (115 bar).

- ✓ Encontrando el diámetro menor del pistón, para el primer caso Z_2 aplicamos la ecuación (3) de la pág. 16.

$$P_{max.} = \frac{F}{A}$$

$$A = \frac{F}{P} = \frac{23313}{16} = 1457.063 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{1401.13 * 4}{\pi}} = 43.055 \text{ mm}$$

Según la tabla (ver en anexos, tabla 35) cogeré el cilindro hidráulico de diámetro del émbolo 40 mm y diámetro del vástago 28 mm

- Comprobación del Pandeo.

Para comprobar si el cilindro no exista el pandeo, debe satisfacerse los siguientes cálculos.

Fuerza del pandeo mayor o igual a la fuerza de compresión.

aplicamos la ecuación (3.36) de la pág. 74.

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 EI}{L_p^2 * FS}$$

Siendo:

Tipo de acero, $E = 2.1 * 10^5 \text{ N/mm}^2$, aplicamos la ecuación (3.37) de la pág. 74.

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = 30194.98 \text{ mm}^4$$

$$FS = 3$$

$$L_p = 2L = 1200 \text{ mm}$$

$$F_{pandeo} = \frac{\pi^2 * 2.1 * 10^5 * 30194.98}{1200^2 * 3} = 14.509 \text{ kN}$$

La acción del pandeo es:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{14508.93}{(\pi * 40^2) / 4} = 11.5 \text{ N/mm}^2$$

En este caso la presión del pandeo es mínimo que la presión mayor (16 N/mm^2).

Entonces ubicaremos una válvula de presión regularizada a 11.5 N/mm^2 (115 bar).

3.2.20 Elección de la presión Hidráulica.

- ✓ Hallando la rapidez de la rotación.

Se tomó como dato a la velocidad de 100 rpm, asignada en el punto 3.2.3, según el cuadro de tipo de roca.

- ✓ Hallando la presión Hidráulica.

Los datos en el tema 3.2.17, sale de 127 bar, tomando como perdidas de un 5% por el recorrido que hace.

- ✓ Hallando el cilindro hidráulico.

Cumple la función de ascender y descender la mesa rotaria, con ϕ del vástago 90 mm, ϕ embolo 125 mm, con una carrera de 350 cm. (ver en anexos)

3.2.21 Elección del motor Hidráulico.

El motor hidráulico cumple la función muy importante en una perforación para pozos de agua, en el tema 3.2.13; la potencia de 10 kW, se seleccionará un motor hidráulico de la marca Eaton de la Series 4000, velocidad única con una salida de torque 970 N.m, con 25 gpm continuos, acoplado a una corona y piñón obteniendo una velocidad total de 100 rpm con reducción de 3;4.6. (ver en anexos).

3.2.22 Elección de la bomba Hidráulica.

La bomba hidráulica sirve para la distribución del fluido hidráulico al motor hidráulico y cilindros hidráulicos.

La bomba será superior al motor hidráulico, entonces se necesita una bomba de la serie 3520VQ de 25 y 14 gpm, alta presión Vickers, con presiones máximas de 210 bar, (ver en anexos) se seleccionará un fluido hidráulico utilizada en maquinaria pesada con un grado de viscosidad SAE 10W de la marca Mobil.

3.2.23 El Panel del control.

El tablero sirve para indicar la dirección del fluido que va por los conductos hacia el motor y cilindros hidráulicos.

- Válvula para accionar los estabilizadores
- Válvula para accionar el cilindro hidráulico para mástil.
- Válvula para accionar el motor hidráulico, el sentido de rotación.
- Manómetros para observar las presiones (rotación de 0 a 250 bar-3600 psi)

3.2.24 La unida de potencia.

Para la unidad de potencia se ocupará el motor de combustión interna de 97 kW de la serie cummins. De 4 pistones con Velocidad Max. 2200 rpm. Se requerirá el mismo motor. (ver en anexos)

3.2.25 Bomba de lodo.

Sirve para recircular el fluido de perforación extrayendo el detritus, sostiene las paredes, estabiliza la columna de perforación, refrigera la broca. (ver en anexos)

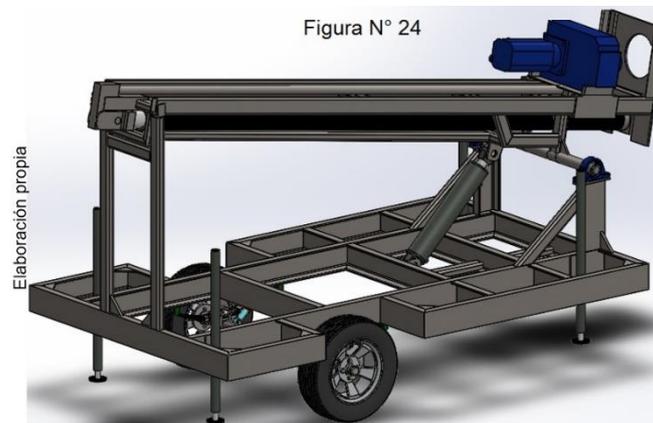
3.2.26 Esquema Hidráulico.

Símbolos hidráulicos en el cuadro 1 (ver en anexos).

- En este esquema se muestra el procedimiento hidráulico. Esquema 1 (ver en anexos,).

3.3 Diseñar la perforadora hidráulica

✓ Demostración de la perforadora Hidráulica.

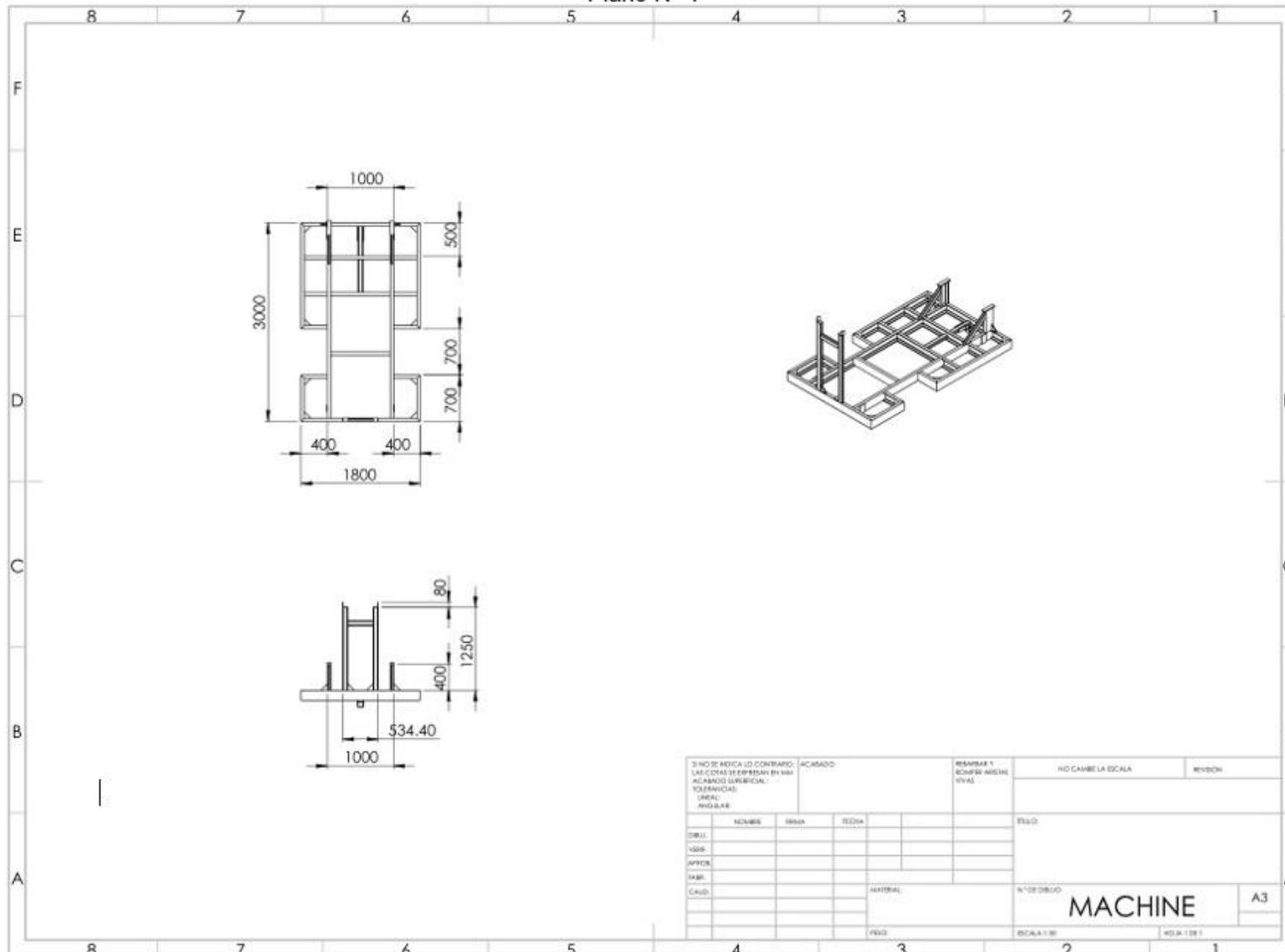


Diseño de la perforadora hidráulica.

✓ La estructura del chasis.

La parte del chasis también está constituida por el remolque y la estructura para el traslado de un lado a otro, medidas correspondientes:

Plano N° 1



Si no se indica lo contrario: Las cotas se refieren a sus acabados superficiales: TOLENCIAS: LINEAL: ANGULARES		ACABADO:	REBARBA Y ROMPES ARISTAS Y VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISION
DISEÑ: USOB: APTOR: FABR: CAUD:		NOMBRE SERIA EDICIA	ESTADO: MATERIAL: PESO:	N° DE DIBUJO MACHINE	A3 ESCALA 1:100 HOJA 1 DE 1

Elaboración propia

Plano N° 3

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE ESTRUCTURA	Base fabricada de acero A36	1
2	CHUMASERA	SY 511 U_VA228_25	2
3	EJE	Eje de 2.5" Acero AISI 4310	1
4	ESTRUCTURA VERTICAL	Estructura acero A36	1
5	MOTOR HIDRAÚLICO	Serie 4000 VICKERS	1
6	CILINDRO DELANTERO	Estabilizadores delanteros	2
7	CILINDRO POSTERIOR	Estabilizadores posteriores	2
8	RUEDA	Sistema de Traslación	2
9	CILINDRO HIDRAÚLICO	Levantar estructura vertical	1

Si no se indica contrario las cotas se expresan en milímetros. ACABADO SURFICIAL: LINEAL ANGULAR		ACEROS	RESINAS Y RESINAS ANEXAS		NO EXHIBIR LA ESCALA	NUMERO
DISEÑO DISEÑO APROBADO MATERIAL CANTIDAD	NOMBRE GRUPO REGIÓN	MATERIAL PESO	ESCALA: N.º DE DIBUJO ESCALA 1:1		MACHINE A3	

Elaboración propia

Para la determinación del rediseño de la perforadora, se ha optado realizar un cuadro corporativo el cual permite las ventajas que se obtendría en el rediseño de la perforadora hidráulica.

Tabla 24

ITEM	DEFINICION	Máquina actual		Máquina diseño	
1	Capacidad de diámetro en perforación	6 pulg		9 pulg	
2	Capacidad de profundidad en perforación	180 m		200 m	
3	Confiabilidad anual	60%		80%	
4	consumo de combustible diésel por pozo	577 gal	S/.2,092.40	292.2 gal	S/.1,980.00
5	Costo de operación por pozo	Personal (3)	S/.36,000.00	Personal (2)	S/.24,000.00
		Transporte	S/.3,200.00	Transporte	S/.2,000.00
		Tiempo de instalación promedio en Horas	0.67	Tiempo de instalación promedio en Horas	0.33
		Herramientas	S/.5,250.00	Herramientas	S/.3,250.00

Cuadro corporativo

3.4 Evaluar la factibilidad económica

3.4.1 costo del rediseño de la perforadora hidráulica.

Después de tener calculado el rediseño de la perforadora hidráulica y logrando determinar todas las piezas, recurrimos a los precios.

En este cuadro se determinan los costos.

Tabla 25

Elaboración propia.	Descripción	Precio unitario	Cantidad	Precio Total
	Bomba de lodos.	S/.1,700.00	1	S/.1,700.00
	Bomba de paletas tipo Vickers serie 3520VQ	S/.5,055.00	1	S/.5,055.00
	Motor Hidráulico Motors Eaton 4000.	S/.4,381.00	1	S/.4,381.00
	Mesa rotaria	S/.1,685.00	1	S/.1,685.00
	Válvulas de 2 spool	S/.2,400.00	1	S/.2,400.00
	Válvulas de 4 spool	S/.4,000.00	1	S/.4,000.00
	Cilindros Hidráulicos.	S/.1,000.00	5	S/.5,000.00
	Válvulas de 1 spool	S/.1,600.00	1	S/.1,600.00
	Mangueras Hidráulicas.	S/.1,000.00	8	S/.8,000.00
	Manómetros	S/.150.00	2	S/.300.00
	Chumacera	S/.123.00	2	S/.246.00
	Transporte de la maquina (Ruedas, Muelles, eje)	S/.5,200.00	1	S/.5,200.00
	Filtros	S/.200.00	2	S/.400.00
	Estructura de soporte, estructura viga tipo "u", carro deslizante, soldador.	S/.4,743.00	1	S/.4,743.00
Pernos, bujes, conectores, sellos, soldadura, etc.	S/.2,500.00	1	S/.2,500.00	
Total			S/.47,710.00	

Equipos y estructura.

El presupuesto de la implementación del rediseño va a hacer financiado completamente por el dueño de la perforadora hidráulica.

• Ingreso Anual.

Descripción de los trabajos que se realiza en perforación para pozos de agua.

Tabla 26

Elaboración propia.	Descripción	Metros	P. UNIT (m)	Total
	Costo de perforación	80	S/.700.00	S/.56,000.00
Descripción	Cantidad * año	P. UNIT	Total	
Pozos tubulares para agua	10	S/.56,000.00	S/.560,000.00	

Trabajos en perforación.

• **Gastos Y costos.**

Gastos y costo total por mantenimientos que realiza al año en la perforadora hidráulica.

Elaboración propia.

Tabla 27

Mantenimientos Preventivo	P. UNIT	Total
Mantenimiento	S/.700.00	S/.700.00
Total		S/.700.00

Mantenimiento.

Gastos que realiza por el personal que labora en cada proyecto de perforación.

Elaboración propia.

Tabla 28

Personal	N° de pozos	N° de personas	P. UNIT	P. TOTAL
operador	10	1	S/2,000.00	S/20,000.00
ayudante	10	3	S/1,200.00	S/36,000.00
Total				S/56,000.00

Gasto de personal

Gasto que se realiza en la compra de combustible para los motores.

Elaboración propia.

Tabla 29

Gasto de combustible	Cantidad (gal)	P. Unitario	P. Total
combustible 1	2920	S/6.95	S/20,294.00
combustible 2	2670	S/6.95	S/18,556.50
total			S/38,850.50

Combustible.

Gastos por movilizar de un punto a otro a la máquina perforadora hidráulica y también incluidos lo que se ocupa para la instalación de la perforadora hidráulica.

Elaboración propia.

Tabla 30

Transporte	CANTIDAD (Hora)	CANTIDAD (Pozos)	P. UNIT	Total
Alquiler de camión grúa	4	10	S/80.00	S/3,200.00
Total				S/3,200.00
Instalación	CANTIDAD	CANTIDAD (pozos)	P. UNIT	Total
Tecla de arco	1	10	S/200.00	S/2,000.00
Herramientas	1	10	S/325.00	S/3,250.00
Total				S/5,250.00

Transporte e instalación.

➤ **Calculando la rentabilidad del rediseño.**

Para este caso ya no ocupara el ingreso de transporte, se incluye menos trabajadores y herramientas.

• **Flujo financiero.**

Tabla 31

		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Elaboración propia.	Egresos						
	Inversión Inicial del diseño	S/.47,210.00					
	Total de Egresos.		S/.20,994.00	S/.20,994.00	S/.20,994.00	S/.20,994.00	S/.20,994.00
	Gastos por mantenimiento		S/.700.00	S/.700.00	S/.700.00	S/.700.00	S/.700.00
	combustible		S/.20,294.00	S/.20,294.00	S/.20,294.00	S/.20,294.00	S/.20,294.00

Flujo financiero

Tabla 32

		S/.35,756.50	S/.35,756.50	S/.35,756.50	S/.35,756.50	S/.35,756.50
Elaboración propia.	Ingreso					
	Ayudante	S/.12,000.00	S/.12,000.00	S/.12,000.00	S/.12,000.00	S/.12,000.00
	Alquiler de camión grúa	S/.3,200.00	S/.3,200.00	S/.3,200.00	S/.3,200.00	S/.3,200.00
	Tecla de arco	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00	S/.2,000.00
	Combustible	S/.18,556.50	S/.18,556.50	S/.18,556.50	S/.18,556.50	S/.18,556.50

Ingresos.

• **Cálculo del Valor Actual Neto(VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Tabla 33

		Tasa de Interés	10%
Elaboración propia.	Años	Flujo Efectivo Neto	Valor Presente
	0	-S/.47,210.00	-47,210.00
	1	S/.14,762.50	13,420.45
	2	S/.14,762.50	12,200.41
	3	S/.14,762.50	11,091.28
	4	S/.14,762.50	10,082.99
	5	S/.14,762.50	9,166.35
Valor Presente Neto (VPN)			8,751.49
Tasa Interna de Retorno (TIR)			17.019%

VAN y TIR

• Cálculo del beneficio costo.

Tabla 34

Tasa de Descuento		10%		
Año	Inversión	Ingresos	costos	Flujo Neto Efectivo(FNE)
0	-S/.47,210.00	0.00	0.00	-S/.47,210.00
1		S/.35,756.50	S/.20,994.00	S/.14,762.50
2		S/.35,756.50	S/.20,994.00	S/.14,762.50
3		S/.35,756.50	S/.20,994.00	S/.14,762.50
4		S/.35,756.50	S/.20,994.00	S/.14,762.50
5		S/.35,756.50	S/.20,994.00	S/.14,762.50
		$\sum I$	S/. 135,545.27	
		$\sum C$	S/. 79,583.78	
		$\sum C+Inv$	S/. 126,793.78	
		B/C	1.07	

Elaboración propia.

Beneficio costo

Los proyectos con respecto al beneficio costo mayor o igual 1, esto nos da como resultado que el proyecto es rentable.

IV. DISCUSIÓN

Con la mejora de este estudio es para disminuir los costos en la operación de la máquina de perforación, en primer lugar, se ha realizado una inspección, en consecuencia, comprender el método del funcionamiento de esta máquina, además, conocer y entender los componentes del sistema hidráulico.

En la revisión e inspección se reconocieron los problemas en el funcionamiento de la perforadora hidráulica, para realizar el mejoramiento.

En trabajos anteriores dedicada al diseño de perforadoras hidráulicas en los marcos de accionamiento hidráulico. Lo principal que hacen es recoger información de fuentes directas sometidos a mejoras, investigación descripción se llevan a cabo en el marco de decidir el mejoramiento, el plan de diseño se hace en un software para simular y aceptar el esquema que se utiliza para el funcionamiento de trabajo.

En este trabajo se elaboraron preguntas como una entrevista y también una guía de observaciones, lo que ha sido imprescindible para recopilar datos específicos de la máquina de trabajo de perforación, por ejemplo, las especificaciones técnicas de los componentes, la manera de operación a pesar de los problemas que surgen en la etapa de perforación de la máquina.

En la tesis de Vázquez, titulada “Diseño y Construcción de Máquina Perforadora de Pozos Profundos”, en esta investigación ha realizado un estudio sobre la estabilidad del chasis ocupando cilindros hidráulicos, para reforzar con la investigación he visto la necesidad de ocupar cilindros hidráulicos para la estabilidad del chasis y la columna de perforación, para esto se tuvo que realizar los cálculos de las fuerzas que va a soportar y luego se hizo una simulación en el software fluid SIM en la manera que va a trabajar el circuito hidráulico para verificar su funcionamiento, conociendo las simbologías de los componentes hidráulicos a ocupar, asimismo este software nos da la posibilidad de regular los caudales y presiones en cada circuito.

En la tesis de Calderón titulada “Diseño y Construcción de una Perforadora a Percusión para Extracción de Agua”, en esta investigación realizo una elección de los componentes por lo que ha considerado un percutor como la parte fundamental de su diseño, y a su vez a ocupado tirantes, poleas, sistema de transmisión y trinquete, para la elección de los componente de mi investigación he decidido ocupar una bomba hidráulica ya que no es muy ruidosa y trabaja a altas presiones, es más confiable, esta acoplado directamente al motor, además no presenta la inversión adicional para los trabajos que realiza, estos equipos son definitivamente caros para ocuparlos en un diseño.

En la tesis de Pariente titulada “Diseño y Simulación de Perforadora Hidráulica para Pozos de Agua”. determina que para la realización de su diseño se tuvo que basar en una investigación sobre las maquinas similares en el mercado en las que ocupan el sistema hidráulico en la perforación, esto se ocupó en el desarrollo de este proyecto, ya que este sistema es ocupado para máquinas de mayor torque.

Para el rediseño de la perforadora hidráulica se ha extraído la información de fuentes, también de entender la serie de procesos de funcionamiento y operación de cada uno de los componentes de la perforadora hidráulica, asimismo saber las especificaciones técnicas de cada elemento.

Para realizar un proyecto de diseño hay que calcular a que fuerza va a trabajar Y que elementos ocupar para soportar las cargas de trabajo. Esto se consigue conociendo el tipo de terreno (estudio geológico), usando esta información para seleccionar los elementos que conforma el sistema hidráulico y conocer sus funciones.

En la tesis de apolinario titulada “Diseño de una prensa hidráulica de 100 toneladas para el conformado de calaminas de fibrocemento de 1,2X0,5 m” en esta investigación ha realizado un estudio del estado de la tecnología y la definición de los parámetros de diseño y ha elaborado una lista de exigencias de los diversos aspectos que se deben cumplir al realizar el diseño tales como la elección de los materiales, cargas, fuentes de energía, concluye mencionando que ha realizado el cálculo estructural y emplea el sistema hidráulico en todas sus áreas.

En este caso para fortalecer con la investigación de igual modo he seleccionado y realizado los cálculos estructurales.

Además, seleccionar las características del material y colocar las fuerzas, el límite elástico, y la fuerza aplicada a la estructura, esto es de mucha importancia para que trabaje en condiciones normales.

En la tesis de Guerrero titulada “Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el laboratorio de investigación en biomecánica y robótica aplicada-pucp” en la presente investigación realizó una guía de prácticas de funcionalidad mediante un sistema hidráulico y estructuras donde menciona su composición y funcionamiento según la norma para el diseño de máquinas. En los procesos de diseño de mi investigación se ha determinado el LRFD (Carga y factor de resistencia de diseño) con este nos permite realizar una manera más eficaz nuestro proyecto.

V. CONCLUSIÓN

Se diseñó la perforadora hidráulica basándose en la situación actual de trabajo y también los problemas encontrados al realizar perforaciones, al mismo tiempo logrando solucionar la problemática existente mediante la aplicación del diseño.

Con estas bases de los resultados encontrados he determinado que en un proyecto de perforación logrará trabajar en perfectas condiciones y a una profundidad requerida para cada trabajo en perforación de pozos de agua.

Por ser una parte fundamental se elaboró los cálculos de la estructura en los procedimientos involucradas en las tareas de trabajo, esto nos ayudara de manera eficaz en la aplicación de la propuesta del diseño para un trabajo adecuado.

En la factibilidad económica se estima que los beneficios que se alcanzará con la aplicación del rediseño (propuesta de solución) será rentable y en el análisis costo beneficio, en lo invertido se determinó que el proyecto es recuperado.

VI. RECOMENDACIONES.

En los proyectos de perforación, se recomienda de un trabajador capacitado en perforación y estudio de suelos para realizar los trabajos en perforaciones de pozos de agua.

Se recomienda tener el conocimiento para el manejo de la perforadora, relacionado a la mecánica, tanto en perforaciones, como en máquinas hidráulicas y formación en mantenimiento, estos conocimientos ayudarán a tener más eficiencia y lograr el objetivo deseado en la perforación.

En las perforaciones que se realiza, se requiere una máquina que cumpla las condiciones y trabajos en un determinado tiempo, recomiendo que la perforadora trabaje en perfectas condiciones porque ha realizado los cálculos de todas las estructuras conforme a los datos obtenidos dado los resultados satisfactorios con los cálculos realizados.

Que con el tiempo estudien o se enfoquen en el sistema hidráulico para lograr una total automatización ya que es muy importante para tener un mejor control hidráulico.

VII REFERENCIAS.

ADICT. The Drilling Manual. Fifth Edition. London New York, 2015. 717 pp.
ISBN 9781439814215

AHEIMER, Renate [et al.]. Hidráulica nivel básico. Alemania, 2011.
Referencia: 551145

AISC. American Institute of Steel Construction. Fourteen Edition. united states
of america, 2011. ISBN 1-56424-060-6

APARICIO, Angel. Análisis de la correlación entre parámetros de control en
máquinas pilotadoras y las propiedades resistentes del terreno. Tesina de
especialista (Ingeniero del terreno). Barcelona: Escuela técnica superior de
Ingenieros de caminos, canals y postes. Universidad Politécnica de
Catalunya, 2009. 97 pp.

APOLINARIO, Joel. Diseño de una prensa Hidráulica de 100 toneladas para
el conformado de calaminas de fibrocemento de 1,2 x 0,5 m. Tesis para optar
el Título (Ingeniero Mecánico). Perú, Pontificia Universidad católica del Perú,
2015. 93 pp.

BERNAOLA, José [et al.]. Perforación y Voladura de Rocas en Minería.
MADRID, 2013. 255 pp.

CÁCERES, Anibal. Estudio Geológico del Departamento de Lambayeque.
Gobierno Regional de Lambayeque, 2013.

CALDERÓN, Arturo. Diseño y construcción de una perforadora a percusión
para extracción de agua. Tesis (ingeniero Mecánico). Chimborazo: Escuela
Superior Politécnica de Chimborazo, 1981. 115 pp.

EQUIPO minero. [Mensaje en un blog]. Fiscor, Steve. (23 de marzo del 2012). [Fecha de consulta: 22 febrero 2016]. Disponible en:
<http://equipo-minero.com/contenidos/1057-la-perforacion-por-voladura-totalmente-automatizada-se-hace-realidad.html#.Vv4Br3qNqXd>

GOKHALE, Bhalchandra. Rotary Drilling and Blasting in Large Surface Mines, 2011. ISBN: 978-0-415-87878-4

GUERRERO, Johnny Manuel. Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el laboratorio de investigación en biomecánica y robótica aplicada – pucp. Tesis (ingeniero Mecánico). Perú Pontificia universidad católica del Perú, facultad de ciencias de ingeniería, 2013. 98 pp.

HERNÁNDEZ, Germán [et al.]. Manual técnico para la ejecución de pozos. 1ª Edición, Canarias, 2012. 189 pp.

HIBBELER, Russell. Mecánica de Materiales. 8va edición, México, 2011. 880 pp. ISBN 978-607-32-0559-7

LÓPEZ-GETA, Juan [et al.]. Las aguas subterráneas: un recurso natural del subsuelo. 4ª Edición, Madrid, 2009. 90 pp. ISBN 978-84-7840-806-1

López, Carlos [et al.]. Manual de Sondeos. Tecnología de perforación. Volumen I. Editor: Carlos López Jimeno. ETS de Ingenieros de Minas. Madrid, 2006. 699 pp. ISBN 9788496140189

MOTT, Robert. Mecánica de fluidos. 6ta edición, México, 2006. 644 pp. ISBN 970-26-0805-8

PARIENTE, Christian. Diseño y simulación de perforadora hidráulica para pozos de agua. Tesis (ingeniero Mecánico Eléctrico). Piura: Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2013. 149 pp.

HIDRAÚLICA. [Mensaje en un blog]. Hidráulica Prado S.L. (23 de junio del 2015). [Fecha de consulta: 23 junio 2016]. Disponible en:
<http://www.hidraulicaprado.com/empresa.php>

SEDAPAL [Mensaje en un blog]. Sedapal, (25 de agosto de 2015). [Fecha de consulta: 23 febrero 2016]. Disponible en:
http://www.sedapal.com.pe/eu/notas-de-prensa/-/asset_publisher/qCX7/content/sedapal-adquirio-moderna-maquinaria-y-equipos-para-uso-optimo-de-agua-subterranea;jsessionid=8F7ADC585A1C045B75B5EE7BD551A71A?redirect=http%3A%2F%2Fwww.sedapal.com.pe%2Feu%2Fnotas-de-prensa%3Bjsessionid%3D8F7ADC585A1C045B75B5EE7BD551A71A%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_qCX7%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_pos%3D1%26p_p_col_count%3D2

TECNOLOGÍA minera. [Mensaje en un blog]. Cáceres, Jorge. (enero - febrero 2016). [Fecha de consulta: 20 febrero 2016]. Disponible en:
<http://www.tecnologiaminera.com/tm/biblioteca/articulo.php?id=307>

TECNOLOGÍA minera. [Mensaje en un blog]. Cáceres, Jorge. (21 de abril de 2016). [Fecha de consulta: 21 febrero 2016]. Disponible en:
<http://www.tecnologiaminera.com/tm/d/novedad.php?id=213>

VUIK, Robert. Manual drilling series. The Netherlands, 2010. 45 pp.

VILLÓN, Máximo. Hidrología. 3ra edición, Lima-Perú, 2012. 435 pp.

VAZQUEZ, Marco Antonio. Diseño y construcción de máquina perforadora de pozos profundos. Tesis (ingeniero Mecánica Electricista). Guadalajara: Universidad de Guadalajara, centro universitario de ciencias exactas, 2003. 175 pp.

METODO LRFD. [Mensaje en un blog]. Sánchez, Bernardo. (10 de octubre de 2012). [Fecha de consulta: 22 junio 2016]. Disponible en:
<http://lrfd-ntic2.blogspot.pe/>

Anexo

GUIA DE ENTREVISTA.

Departamento: Región:

Provincia: Distrito:

Apellido y nombre:

OBJETIVO: Determinar el sistema de operación de la máquina durante el proceso de perforación de pozos de agua.

Cuestionario:

1. ¿Cuál es el cargo que ocupa, y que labores desempeña?

2. ¿Qué problemas tiene la perforadora hidráulica?

3. ¿Qué profundidad logra perforar la perforadora hidráulica y cuáles son sus limitaciones?

4. ¿Cuáles son los problemas que se presentan en el proceso de perforación?

5. ¿Cuáles son las necesidades primordiales que tiene la perforadora hidráulica para realizar la perforación de pozos de agua?

GUÍA DE OBSERVACIÓN.

Ubicación:

Tipo de máquina perforadora:

1. Característica de la máquina perforadora de pozos.

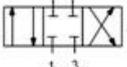
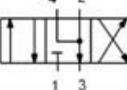
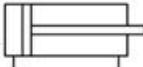
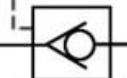
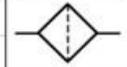
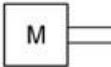
2. composición de la estructura y el estado en que se encuentra.

3. Condición de trabajo.

4. Identificar los peligros y riesgos.

Otras observaciones:

Cuadro 1

Aheimer		Bomba hidráulica de desplazamiento contante
		Motor hidráulico Bidireccional
		Válvula 4/3 en posición neutra normalmente cerrada.
		Válvula 4/3 en posición neutra de escape.
		Cilindro doble efecto con vástago simple
		Válvula de retención pilotada
		Manómetro.
		Filtro
		Retorno a tanque
		Motor de Combustión Interna

Simbología hidráulica

Tabla 35

Hidráulica prado

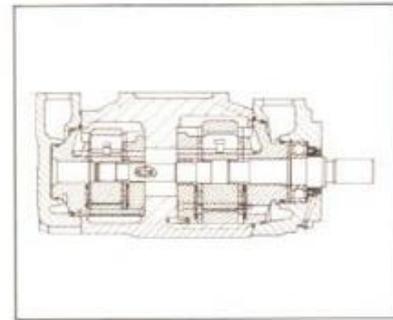
REF	Ø A	Ø B	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP	O	S
8500/Z	20	32	107 + Z	28	M14x1,5	35	29	18	35	75	95	16	42	1/4	20	11
8501/Z	22															
8502/Z	25	40	97 + Z	35	M16x1,5	40	32	22	40	94	118	20	50	3/8	25	13
8503/Z	28															
8504/Z	25															
8505/Z	28	50	104 + Z	40	M20x1,5	43	35	28	48	105	130	20	60	3/8	25	15
8506/Z	30															
8507/Z	36															
8508/Z	30															
8509/Z	35	60	106 + Z	50	M27x2	45	34	36	58	130	160	25	70	3/8	30	17
8510/Z	40															
8511/Z	36															
8512/Z	40	63	106 + Z	50	M27x2	45	34	36	58	130	160	25	75	3/8	30	17
8513/Z	45															
8514/Z	35															
8515/Z	40	70	114 + Z	55	M27x2	49	36	36	58	140	170	25	80	3/8	30	18
8516/Z	45															
8517/Z	36															
8518/Z	40															
8519/Z	45	80	126 + Z	62	M33x2	54	36	45	68	160	195	30	95	3/8	40	19
8520/Z	50															
8521/Z	56															
8522/Z	45															
8523/Z	50															
8524/Z	56	100	138 + Z	73	M42x2	60	38	56	85	185	225	30	115	1/2	40	23
8525/Z	60															
8526/Z	70															
8527/Z	70	125	210 + Z	88	M48x2	82	48	63	92	220	265	35	145	3/4	45	25
8528/Z	90															
8529/Z	80	140	223 + Z	100	M64x3	90	58	85	120	250	300	40	160	3/4	50	30
8530/Z	90															
8531/Z	110	160	238 + Z	115	M80x3	100	58	95	130	295	355	40	180	1	60	35
8532/Z	110	200	278 + Z	140	M80x3	111	63	95	130	355	425	50	230	1	70	41

Diámetros de cilindro hidráulicos.

CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA TIPO VICKERS.

Bombas de Palhetas Tipo Vickers

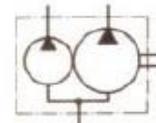
Série V 3520V / 3520VQ



Descrição Geral

Bombas duplas de intra-palhetas, de deslocamento fixo e hidraulicamente balanceadas. Conjunto de bombeamento constituído de um cartucho de fácil substituição, tornando a manutenção mais rápida e eficiente. Suas placas laterais flexíveis dão acomodação aos componentes internos em casos de desalinhamentos momentâneos do rotor ou de expansão térmica.

Símbolo Gráfico

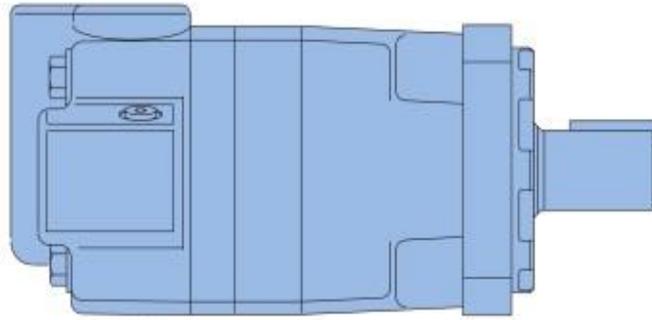


Características

- Deslocamento:
bomba do lado do eixo 81,7 a 121,7cm³/rev.
bomba do lado da tampa 18,0 a 45,9cm³/rev.
- Rotação: de 600 a 2500 rpm
- Pressão máxima de trabalho: 210 bar
- Pressão na entrada (para óleos minerais):
mínima - 0,17 bar.
máxima + 1,40 bar.
- Fluidos hidráulicos e temperatura:
Óleos minerais, fluidos à base de água e fluidos sintéticos conforme especificações Vickers I-286-S ou M-2950-S (vide pág. R3).
- Viscosidade (para óleos minerais):
mínima 13 cSt
máxima 860 cSt
faixa recomendada 13 a 54 cSt
- Filtragem:
na sucção 149 µm absoluta
no retorno:
para óleo mineral 25 µm absoluta ou mais fina
para fluidos sintéticos 10 µm absoluta ou mais fina
- Rotação do eixo:
à direita ou à esquerda
(veja especificação do modelo)
- Acionamento:
direto, coaxial, através de um acoplamento flexível
(Para outros tipos de acionamento consulte a Vickers)
- Peso (aproximado):
bomba 34 Kg.
pedestal 6 Kg.

4000 Series

Specifications



4000 SERIES MOTORS

Displ. cm ³ /r [in ³ /r]		110 [6.7]	130 [7.9]	160 [9.9]	205 [12.5]	245 [15.0]	280 [17.1]	310 [19.0]	395 [24.0]	495 [30.0]	625 [38.0]
Max. Speed (RPM)	Continuous	697	722	582	459	383	336	303	239	191	151
	Intermittent	868	862	693	546	532	488	422	376	305	241
@ Flow											
Flow V/min [GPM]	Continuous	75 [20]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]	95 [25]
	Intermittent	95 [25]	115 [30]	115 [30]	115 [30]	130 [35]	130 [35]	130 [35]	150 [40]	150 [40]	150 [40]
Torque* Nm [lb-in]	Continuous	320 [2850]	375 [3330]	485 [4290]	600 [5300]	705 [6240]	753 [6666]	850 [7530]	930 [8240]	945 [8375]	970 [8605]
	Intermittent	470 [4160]	560 [4940]	705 [6240]	800 [7100]	845 [7470]	957 [8471]	1065 [9420]	1185 [10470]	1170 [10350]	1180 [10450]
Pressure Δ bar [Δ PSI]	Continuous	205 [3000]	205 [3000]	205 [3000]	205 [3000]	205 [3000]	205 [3000]	205 [3000]	190 [2750]	140 [2000]	115 [1700]
	Intermittent	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	260 [3750]	310 [4500]	260 [3750]	260 [3750]	240 [3500]	170 [2500]	140 [2000]
	Peak	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	310 [4500]	295 [4250]	230 [3300]	180 [2600]
Weight kg [lb]	Standard or Wheel Mount	17.9 [39.5]	18.1 [40.0]	18.1 [40.0]	18.4 [40.5]	18.6 [41.0]	19.1 [42.0]	19.5 [43.0]	20.4 [45.0]	21.8 [48.0]	23.1 [51.0]
	Bearingless	14.1 [31.0]	14.3 [31.5]	14.1 [31.0]	14.5 [32.0]	14.7 [32.5]	15.2 [33.5]	15.6 [34.5]	16.6 [36.5]	17.9 [39.5]	19.3 [42.5]

Maximum Case Pressure: See case pressure seal limitation graph.

*See shaft torque ratings for limitations.

Note:

To assure best motor life, run motor for approximately one hour at 30% of rated pressure before application to full load. Be sure motor is filled with fluid prior to any load applications.

Maximum Inlet Pressure:

310 bar [4500 PSI]
Do not exceed Δ pressure rating (see chart above).

Maximum Return Pressure:

310 bar [4500 PSI] with case drain line installed.
Do not exceed Δ pressure rating (see chart above).

Δ bar [Δ PSI] :

The true pressure difference between inlet port and outlet port

Continuous Rating:

Motor may be run continuously at these ratings

Intermittent Operation:

10% of every minute

Peak Operation:

1% of every minute

Recommended Fluids:

Premium quality, anti-wear type hydraulic oil with a viscosity of not less than 70 SUS at operating temperature.

Recommended System Operating Temp.:

-34°C to 82°C [-30°F to 180°F]

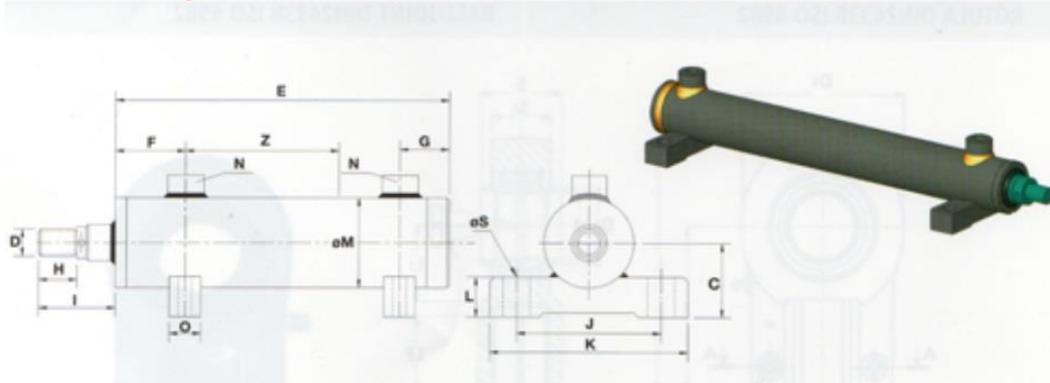
Recommended Filtration:

per ISO Cleanliness Code, 4406: 20/18/13

CARACTERÍSTICA DEL CILINDRO HIDRÁULICO



Cilindros hidráulicos de simple y doble efecto



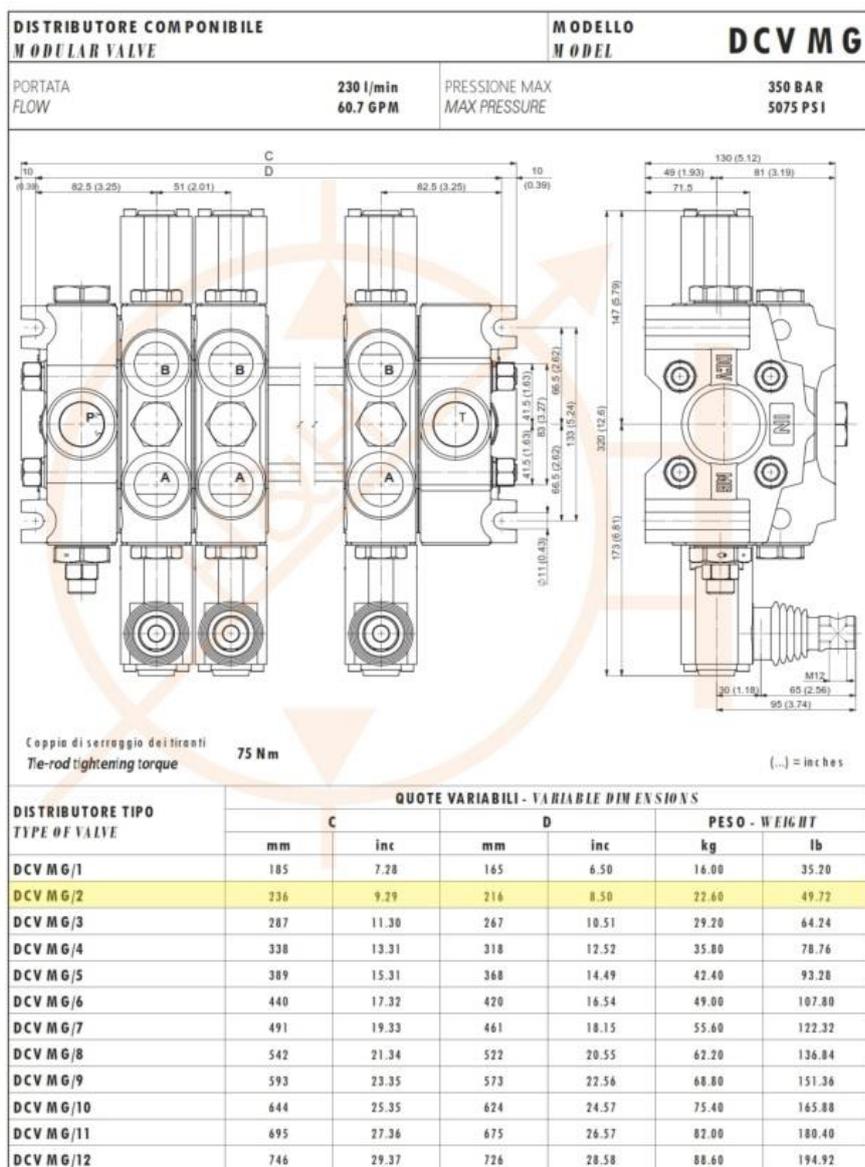
ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DEL MOTOR CUMMINS

Engine Model: Cummins 4BTA3.9-C130
Brand: DCEC (Dongfeng Cummins)
Engine Type: 4 Cylinders in Line
Displacement: 3.9 L
Rated Speed: 2500 rpm
Rated Power: 97 kW(130 HP)
Max. Torque/Speed: 475 N.m @1500 rpm
Aspiration Method: T-charged & Intercooled
Emission Standard: Euro I
Fuel Consumption: 239 g/kW.h
Packing Size(L*W*H): 1110*950*1400
Gross Weight: 500 Kg
Delivery Time: 7-15 working days



Cummins engine 4BTA3.9-C130 cummins 4BT3.9
97kw 130hp | Dongfeng cummins DCEC | Cummins
4BT3.9

CARATTERISTICHE DELLA VALVOLA



Válvulas direccionales manuales

BRAND
U.S.A

Serie DC

Características

- Presión máxima de trabajo: □ 210 bar □
- Capacidad máxima de flujo: □ 170 l/min □
- Accionamiento por palanca □
- 4 vías, 3 posiciones □
- Peso: □ 7,26 Kg □
- Dimensiones: □ 24x11x10 cm



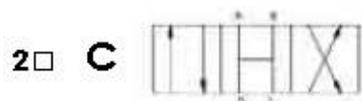
Código	Modelo	Centro Tipo	Vuelta al centro por	Conexión NPT	Dibujo N°
H VAL 440 080 517 □	DC 75 T4 LS □	Tándem □	Resorte □	3/4" □	1
H VAL 440 082 517 □	DC 75 T4 LD □	Tándem □	Palanca □	3/4" □	1
H VAL 440 086 517 □	DC 75 C4 LS □	Cerrado □	Resorte □	3/4" □	2
H VAL 440 088 517 □	DC 75 C4 LD □	Cerrado □	Palanca □	3/4" □	2
H VAL 440 090 517 □	DC 75 O4 LS □	Abierto □	Resorte □	3/4" □	3
H VAL 440 092 517 □	DC 75 O4 LD □	Abierto □	Palanca □	3/4" □	3

Dibujos



Centro tándem

Para accionar cilindros o motores en ambas direcciones.
La bomba descarga a estanque en la posición neutral.
El cilindro o motor está bloqueado en la posición neutral.



Centro cerrado:

Todas las conexiones están bloqueadas en la posición neutral.
El cilindro o motor está bloqueado en la posición neutral.
No se puede utilizar en aplicaciones en serie.



Centro abierto:

Todas las conexiones están conectadas al estanque en la posición neutral. El cilindro se puede mover y el motor rotar en la posición neutral.

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE LA BOMBA DE LODO



100-200

DATOS TECNICOS

MODELO	EJECUCION METALURGICA		SOPORTE				RPM MAX	DIAMETRO DEL EJE				PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (m)	ESPESOR DE CAJA (mm)	N° DE ALABES	T MAX (°C)
	STD	ALTERNATIVA	TIPO		DESIGNACION			IMPULSOR	PRENSA ESTOPA	SELLO	COUPLE				
32-125	0		B385-A	B385-B			3600	NF 3/4"	1 1/8"	1 1/8"	24	60	5.5	7	90
32-160	0	1,5,6,7,9	C385-C	C385-D								100	7	6	
32-160L	0		B385-A	B385-B								70	5.5		
40-125	0		C385-C	C385-D								100	6		
40-160	0*	1*,5,6,7*,9	D385-E	D385-F				160	7						
40-200	1*	5,9	E500-A	E500-B				250	9	7					
40-250	9**	5,6	C385-E	C385-F				70	7						
50-125	0	1,5,6,7,9	D385-E	D385-F				100	6.5	6					
50-160	1*	5,6,7,9	E500-A	E500-B				160	7						
50-200	1	5,9	D500-A	D500-B				250	9	7					
50-250	9	5	(D600-A)	(D500-B)				100	7						
65-160	1	5,6,7,9	D500-0	D500-1				160	7.5	6					
65-200		5	(E500-A)	(E500-B)			250								
65-250	9		(F530-A)	(F530-B)			100	11	7						
65-315		5,6,7	F530-0	F530-1	S	C	42	42	42	100	11	7			
80-200	0	1,5,6,7,9	(E500-A)	(E500-B)			32	32	32	40	7	6			
80-250		1,5,9	(F530-A)	(F530-B)			42	42	42	65	9	6			
80-315	1	5,9	F530-0	F530-1			42	42	42	100	11	7			
100-200	0	1,5,6,7,9	(D500-A)	(D500-B)			32	32	32	40	9	7			
125-250		1,5,9	(E530-A)	(E530-B)			42	42	42	65					
125-315		5	(F530-A)	(F530-B)			42	42	42	100	11	6			
125-400	9		(H530-C)	(H530-D)			42	42	42	160					
150-315			H670-A	H670-B			48	48	48	70	12	7			
150-400			F670-A	F670-B			60	60	60	165		6			
150-400			H750-A	H750-B****			60	60	60	159	13	7			
200-400			H750-A	H750-B****			1790	1790	1790	159	13	7			

* : CAJA EN FIERRO FUNDIDO NODULAR
 *** : CON FAJAS Y POLEAS SOLO @ 1200 RPM.
 **** : CON FAJAS Y POLEAS USAR CONTRAEJE

** : IMPULSOR Y ANILLO DESGASTE EN BRONCE AL SILICIO

() : SOPORTE ANTIGUO

ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, James Skinner Celada Padilla, asesor de tesis, y revisor del trabajo académico (Tesis) titulado:

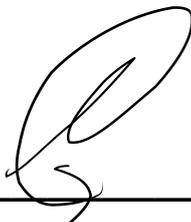
“REDISEÑO DE UNA PERFORADORA HIDRÁULICA PARA MAYOR PROFUNDIDAD DE POZOS DE AGUA EN JAYANCA – 2016”

Del Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

EMERSON RENE MORI NAVARRO

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 24% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Cesar Vallejo.

Chiclayo, 25 de Febrero del 2017



James Skinner Celada Padilla
Asesor de Tesis

Yo **EMERSON RENE MORI NAVARRO**, identificado con DNI N.º 45128515 egresado de la Escuela de ingeniería mecánica eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado: **“Rediseño de una Perforadora Hidráulica para Mayor Profundidad de Pozos de Agua en Jayanca – 2016”**; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 45128515

FECHA: 13 de Noviembre del 2018.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------