

AUTOMATIZACIÓN DEL MECANISMO DE FUNCIONAMIENTO DE LA VÁLVULA GRABBER PARA MANEJO DE TUBERÍA (Mayo de 2022)

Johan Alexander Avendaño Quiroga

Resumen - El desarrollo de este proyecto tuvo como objeto fundamental la automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drive convencionales en la empresa Masa Stork. Este proyecto fue desarrollado en El Paso, Cesar específicamente en el corregimiento de La Loma, el equipo de perforación Tesco 250 HMI-475, utilizado en las operaciones de la compañía Masa Stork, sistema que se ha tomado como referencia diseño y posteriormente la instalación de un sistema de automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drives convencionales. Este trabajo se realizó como un estudio de caso, con enfoque cualitativo, mediante una investigación descriptiva aplicada.

Como resultado del proyecto se obtiene un mecanismo automatizado en la válvula Grabber del equipo, lo cual trae diversos beneficios en el contexto económico, operativo y en seguridad industrial para la empresa Masa Stork, que utiliza este tipo de herramientas en sus procesos productivos.

Palabras Claves: Automatización, Válvula Grabber, Tubería, Top Drive, Funcionamiento, Mecanismo.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el top drive Tesco 250 HMI-475 utilizado en la compañía Masa Stork, implementa en su válvula Grabber un sistema mecánico, lo que implica una manipulación constante de las herramientas y equipos por parte del personal en las operaciones de manejo de sarta de perforación; motivo por el cual se presenta mayor probabilidad de incidentes, además de tiempo perdido y sobrecostos por manejo y operación.

El proyecto presentado en este informe tuvo como objetivo diseñar e implementar la automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drives convencionales, buscando la mejora de este equipo en sus procesos de perforación en las actividades operativas de la empresa Masa Stork, de tal manera que este sistema le permita a la compañía una operación limpia, mejorando sus resultados operativos y económicos.

Bajo esta perspectiva, se ha desarrollado el proyecto antes descrito y al finalizar su realización se presenta este documento estructurado en 5 partes. En su primera parte se muestran los antecedentes, los objetivos tanto generales como específicos propuestos para el desarrollo del proyecto y la justificación que muestra la importancia de la realización del proyecto a nivel práctico, personal, metodológico y teórico.

Se continúa con un segundo apartado, titulado marco teórico, el cual presenta las bases teóricas que han sido tenidas en cuenta para el desarrollo del proyecto, de igual manera la ubicación del tema del proyecto al respecto de las líneas de investigación de la facultad y del programa académico y por último se enmarca contextualmente el proyecto, describiendo la empresa en donde se ha desarrollado.

En la tercera parte, se presentan los aspectos relacionados con el recorrido metodológico desarrollado en el proceso del proyecto, en el cual se expone el método utilizado para el desarrollo del mismo, describiendo el tipo, enfoque y diseño del mismo, así como también la población beneficiada, las técnicas de investigación utilizadas y las fases mediante las cuales se ha desarrollado el proyecto.

Un cuarto apartado, titulado resultados y análisis de resultados, en el cual se hace una descripción del estado del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drives convencionales, antes del proyecto, hecho que fue tomado como referencia para el diseño del sistema hidráulico utilizando un programa de simulación para la verificación del funcionamiento, así mismo; se evidencia los procedimientos realizados para la instalación del sistema automatizado, terminando este con un análisis en el que se evalúa la relación del sistema mecánico, con el sistema automatizado, en el cual se hace referencia sobre los beneficios que obtiene la empresa Masa Stork, referente al mejoramiento que se puede obtener en la válvula por la optimización del mecanismo de levante y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Por último, se expone lo que se concluye en el proyecto, los referentes bibliográficos que sustentan las bases teóricas y antecedentes del proyecto.

1. ANTECEDENTES

Perforar un pozo es el procedimiento utilizado para conocer a ciencia cierta la existencia de hidrocarburos en una determinada zona de interés que se localiza en el subsuelo. El taladro de perforación es la herramienta con que se realiza la perforación en los subsuelos, realizando un orificio lo cual está conformado por varias secciones hasta llegar a la zona donde encontramos el hidrocarburo, el taladro está conformado por cinco sistemas básicos, los cuales son: sistema de potencia (puede ser mecánica o eléctrica, lo que ayuda a que los demás mecanismos puedan operar eficientemente); sistema de circulación (lo que ayuda a lubricar y a enviar fluidos para realizar la perforación); sistema de levantamiento (que ayuda a levantar y bajar la sarta de perforación, soportando una gran cantidad de peso); sistema de control (evita que los gases que están en el subsuelo salgan a superficie y ayuden a controlar altas presiones generadas en la perforación); sistema de rotación (que ayuda a dar el giro de la broca para poder realizar la perforación de los pozos). [1].

Con respecto a este último sistema, en la explotación petrolera actualmente se utilizan dos tipos, el primer tipo denominado cuadrante o Kelly que consiste en un tubo de acero cuadrado o hexagonal que mide al redor de 12 m y lleva por encima una válvula de seguridad; y el segundo denominado Top Drive que es “un motor eléctrico o hidráulico que se suspende en cualquier tipo de mástil de un equipo de perforación. Esta herramienta se encarga de hacer rotar la sarta de perforación y el trépano.”¹.

El uso de este tipo de sistemas tuvo sus inicios hace unos 40 años, por la necesidad que se tenía de mejorar algunas situaciones a nivel de operación y de seguridad en las empresas de perforación, puesto que el sistema Kelly ya era ineficiente, por lo cual se dio inicio al uso de nuevas tecnologías, las que trajeron grandes beneficios en cuanto a operatividad y seguridad, lo cual se ve reflejado en los beneficios económicos de las empresas que usan este sistema.

Es de resaltar que en los últimos años el uso de esta herramienta se ha convertido en el método más usado para procesos de perforaciones, por factores de seguridad, tiempo y costos; motivo por el cual se desea automatizar cada uno de sus componentes principales para lograr los mejores resultados, y uno de esos componentes es la válvula Grabber.

El top drive posee una válvula Grabber cuya función es evitar que la tubería de debajo gire al momento de hacer una conexión y darle su apropiado torque, existen dos sistemas de válvulas contrafuerza (Grabber) que son mecánicas y automatizadas. El top drive a intervenir posee la llave de contrafuerza (Grabber) de manera mecánica. La válvula (Grabber) consta de unos resortes internos, los cuales deben ser accionados por los trabajadores, haciendo conveniente su automatización, para mejorar los procesos relacionados con la válvula de contrafuerza (Grabber).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Automatizar la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive convencional mediante PLC y sistemas hidráulicos, para el mejoramiento y aseguramiento de la actividad de manejo de tubería en los diferentes viajes de perforación y/o completamiento

2.2 Objetivos específicos

Diseñar el sistema hidráulico utilizando un programa de simulación para la verificación del funcionamiento.

Instalar el sistema hidráulico diseñado mediante el montaje de los componentes seleccionados y mangueras, para el movimiento de la válvula Grabber.

Comprobar las diferentes operaciones que se pueden realizar, mediante la aplicación de pruebas en cada una de las etapas de los turnos, ejecutando los procedimientos adecuados de manejo de la válvula Grabber.

3. JUSTIFICACIÓN

La automatización de la válvula Grabber en Top Drives convencionales para equipos de perforación busca garantizar una operación efectiva en tiempos, costo beneficio para cualquier compañía, mejorando en gran medida la seguridad y salud en los trabajadores, disminuyendo fatiga y riesgos en la actividad que se esté realizando durante la operación, ya sea de perforación o completamiento.

Bajo esta perspectiva, con este proyecto se logra la automatización de la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive convencional mediante PLC y sistemas hidráulicos, tomando como referencia el equipo utilizado en las actividades de perforación de la empresa Masa Stork en la localidad de la Loma Cesar, en la búsqueda de alcanzar el mejoramiento y aseguramiento de la actividad de manejo de tubería en los diferentes viajes de perforación y/o completamiento, para garantizar la calidad, operatividad y salud ocupacional durante las actividades de esta empresa, de tal manera que el desarrollo de este proyecto presenta diferentes beneficios, entre los cuales se pueden describir:

Desde el nivel práctico, el proyecto presenta beneficios para la empresa Masa Stork, con la implementación de la automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drives convencionales, evento que presenta a esta empresa la reducción del tiempo aplicado a los procesos operativos, reflejándose en una mejor productividad económica, al disminuir los costos del proceso operativo, además de la disminución a la exposición de riesgos en los operarios del equipo, puesto que los trabajadores operativos estarían menos expuestos a accidentes por

¹ <https://www.facebook.com/perfoblogger/posts/2284449421608223/>

atrapamiento de sus manos, y por la exposición del tiempo de operación.

De igual manera, el proceso investigativo tuvo beneficios en el nivel personal, ya que; con su realización, como estudiantes del programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, se presenta la oportunidad de aplicar mediante la metodología de la investigación, algunos de los temas vistos en el proceso formativo, en aras de interpretar y aplicar conceptos sobre diferentes sistemas, como lo son, los Circuitos eléctricos, la Mecánica de Fluidos, la Electrónica, los Sistemas digitales y analógicos, el Mantenimiento industrial, el Diseño mecánico y el Diseño eléctrico, elementos fundamentales para el desempeño profesional de un tecnólogo en mantenimiento electromecánico industrial.

Del mismo modo, el desarrollo de este proyecto también tuvo importancia metodológica y teórica, las metodológicas están representadas para la Universidad Antonia Nariño, la cual se muestra como una universidad modelo en la preparación de tecnólogos íntegros, capaces de aplicar conocimientos relacionados al mejoramiento industrial, mediante el diseño e implementación de propuestas que desde el mantenimiento electromecánico, buscando dar solución a problemas técnicos y tecnológicos en las empresas de la región. Así mismo; la importancia teórica del proyecto, la cual está dada para el programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, pues muchos estudiantes y docentes al ver la importancia de esta temática podrán tomar los resultados y conclusiones del proyecto, como referencia bibliográfica y teórica para futuros proyectos de intervención en la empresa Masa Stork o en otra que tenga la misma actividad económica.

4. MARCO TEORICO

4.1 Bases teóricas

Las bases teóricas que sustentan el desarrollo de este proyecto, están relacionadas con el funcionamiento del equipo de perforación Tesco 250 HMI-475, válvula Grabber y sobre la conceptualización al respecto de automatización.

Tesco 250 HMI-475: El Tesco 250 HMI fue diseñado específicamente para equipos pequeños de perforación y reacondicionamiento para proporcionar potencia adicional y funciones de perforación de mando superior para esas reentradas críticas, secciones horizontales o multilaterales. La circulación y rotación simultáneas de la sarta de perforación durante las operaciones de perforación o viaje reducen el tiempo, el costo y el riesgo asociados con el escariado o el escariado inverso. La capacidad de perforar con soportes acelera la perforación direccional orientada y la perforación con aire, gas o bajo balance. Las características robóticas y de manipulación de tuberías reducen el tiempo de conexión y aumentan la seguridad del piso de perforación.

Características del equipo Tesco 250 HMI-475: El equipo

Tesco 250 HMI-475, tiene las siguientes características:

- ✓ Inclinación de enlace direccional dual, extensión de conexión de orificio de ratón, compensación de rosca, límites de par de avance y retroceso, amortiguación torsional de la sarta de perforación, giro integrado, salvabarros/válvula de seguridad de doble bola operada a distancia, elevadores de tubería de perforación de inserción de cambio rápido operados a distancia, etc.
- ✓ Un sistema de energía hidráulica independiente para aumentar el rendimiento del equipo de perforación y otorgar a los equipos de reacondicionamiento una capacidad de perforación completa.
- ✓ Relaciones de engranajes que se pueden cambiar en el campo en cuestión de horas, para proporcionar rpm adicionales para secciones de pozos angostos.

Válvula Grabber: la Llave de Contrafuerza o Grabber que se observa en las figuras 1 y 2, funciona como una pinza, que desde una torsión permite enroscar y desenroscar los tubos, proporcionar un torque adecuado. Generalmente la Grabber requiere una presión superior a los 1000 psi, para poder realizar una correcta operación de afianzamiento.²

Figura 1: presentación válvula



Figura 2: personal en válvula



Fuente: Petroblogger, (2010). Adaptación – Avendaño 2022

Automatización o control de procesos: “método de controlar automáticamente la operación de un aparato o artefacto, proceso o sistema integrado por diversos componentes a través de medios mecatrónicos, electrónicos y computacionales, que sustituyen los órganos sensitivos y la capacidad de decisión del ser humano”. [3]

Importancia de la Automatización: su importancia radica en realizar procesos totalmente continuos por medio de secuencias programadas. Procesos automáticos en cadena cerrada con posibilidad de auto-control y auto-corrección de desviaciones. [4]

² Petroblogger, (2010). [En línea]. Available: <http://www.ingenieriadepetroleo.com/sistema-top-drive-en-la-perforacion-de/>. [Último acceso: 29 octubre 2021].

Finalidad de la automatización: la automatización tiene como fin aumentar la competitividad de la industria por lo que se requiere la utilización de nuevas tecnologías. [4]

PLC: se define PLC (Programmable Logic Controller), “como toda máquina diseñada para controlar en tiempo real y en entornos industriales procesos de naturaleza combinacional y secuencial”. [5]

4.2 Línea de investigación

A nivel institucional, el proyecto se ubica en la línea investigación Automatización Industrial, y las asignaturas que se ven involucradas en el desarrollo del mismo se enmarcan dentro del área de mantenimiento e integridad incluyendo las siguientes disciplinas:

- ✓ Circuitos eléctricos.
- ✓ Mecánica de Fluidos
- ✓ Electrónica
- ✓ Sistemas digitales y analógicos.
- ✓ Mantenimiento industrial
- ✓ Diseño mecánico
- ✓ Diseño eléctrico
- ✓ Metodología de la investigación

4.3 Contextualización del Proyecto

El proyecto fue desarrollado en la empresa Masa Stork, siendo esta una empresa denominada como Mecánicos Asociados en la operación de perforación que se lleva a cabo en el municipio de la Loma, Cesar, en el cual se realiza la automatización de la válvula Grabber en un Top Drive tipo convencional, para garantizar tiempos efectivos de operación y trabajo seguro.

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1. Metodología del Proyecto

Este proyecto fue desarrollado mediante la metodología estudio de caso. “Es una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. [6]

De este modo, se asume este proyecto como un estudio de caso, dado que su realización permitió el análisis del estado actual del equipo de perforación, utilizado en las operaciones de la compañía Masa Stork, sirviendo este análisis como sistema de referencia en el caso específico de la automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drive convencionales.

5.2 Enfoque Metodológico

El proyecto fue desarrollado mediante el enfoque cualitativo. “el enfoque cualitativo estudia la realidad en su contexto natural y cómo sucede.” [7],

Es así, como este proyecto se realizó bajo el enfoque cualitativo por cuanto el análisis realizado inicialmente a la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive

convencional, fue realizando utilizando técnicas investigativas de orden cualitativo, como lo fue la observación directa al sistema hidráulico del Top drive en el taladro de perforación de la empresa Masa Stork, al igual que el funcionamiento de este equipo en las actividades de perforación y completamiento.

5.3 Tipo de proyecto

El proyecto fue desarrollado, mediante un tipo de investigación aplicada. “La investigación aplicada es aquella que busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo” [8].

De esta manera y de acuerdo con el autor, se infiere este proyecto como aplicado, porque en su realización mediante el diseño del sistema hidráulico se ha utilizado el conocimiento técnico, para de esta manera y mediante una aplicación directa se realiza la automatización de la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive convencional mediante PLC y sistemas hidráulicos, para el mejoramiento y aseguramiento de la actividad de manejo de tubería en los diferentes viajes de perforación y/o completamiento, solucionando de esta manera una problemática específica de la empresa Masa Stork.

Del mismo modo, el proyecto se considera de tipo descriptivo, “la investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos. [9].

De este modo, según lo expuesto por el autor, se asume este proyecto como descriptivo porque en su desarrollo, se describe de manera puntual, clara y precisa el funcionamiento del equipo de perforación, utilizado en las operaciones de la compañía Masa Stork, para luego mediante este análisis realizar el diseño e implementación del sistema hidráulico que permitirá la automatización del mecanismo de funcionamiento de la válvula Grabber para manejo de tubería en Top Drives convencionales.

5.4. Diseño del proyecto

El diseño del proyecto fue de campo “la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables”. [10].

De acuerdo con esta teoría, se ha desarrollado la investigación con un diseño de campo, puesto que su desarrollo y ejecución, se dio de forma directa en el equipo donde se presentaba la necesidad, es decir que el diseño e instalación del sistema hidráulico se realizó en el equipo de perforación, utilizado en las operaciones de la compañía Masa Stork.

5.5. Población beneficiada con el proyecto

“El censo poblacional es el número de elementos sobre el cual se pretende generalizar los resultados”. [11].

Para este caso, la población está determinada por los trabajadores de la compañía Masa Stork, que tienen contacto directo con el equipo de perforación Tesco 250 HMI-475, lo

cual según información de la empresa son un total de 18 trabajadores.

5.6 Fuentes de Recolección de la Información para el desarrollo del proyecto

“Una fuente de información es una persona u objeto que provee datos que sirven para dar respuesta a los objetivos de la investigación”. [12]. Para la ejecución de este proyecto se utilizaron fuentes primarias y secundarias.

Fuentes primarias: en el desarrollo de este proyecto, este tipo de fuente, fue usada para lograr información directamente del funcionamiento del equipo de perforación, utilizado en las operaciones de la compañía Masa Stork.

Fuentes secundarias: Para la realización de este proyecto, se usaron fuentes documentales con el fin de investigar al respecto de la temática en estudio, es decir, para obtener información sobre procesos de automatización de la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive convencional mediante PLC y sistemas hidráulicos.

5.7 Técnicas de investigación utilizadas en el proyecto

“Las técnicas de recolección de datos comprenden los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación” [12]. En este proyecto fueron aplicadas como técnicas la observación directa y la revisión documental.

Observación directa: En el desarrollo de este proyecto esta técnica fue empleada para registrar el funcionamiento inicial del equipo de perforación Tesco 250 HMI-475 y de esta manera evidenciar la problemática que se presentaba en este equipo en la empresa Masa Stork.

Revisión documental: En este proyecto, fue aplicada para realizar la estructuración del marco teórico, pues fue necesario consultar diferentes elementos teóricos para diseñar el sistema hidráulico requerido para la automatización de la válvula Grabber del equipo de perforación con Top drive convencional.

5.8 Fases y procedimiento para el Desarrollo del proyecto

Las fases y procedimientos seguidos para el desarrollo de la investigación son las que se describen en la siguiente tabla, mediante las cuales se desarrolló este proyecto:

FASE	DESCRIPCION DE LA FASE
FASE I: Diseño del sistema hidráulico	Se realiza un análisis de los mecanismos convencionales y últimas tecnologías en Top Drives, con el fin de prever su aplicabilidad e implementación en esta actividad de la compañía en la actualidad. Posteriormente se utiliza un programa de simulación que permita verificar el funcionamiento eléctrico e hidráulico del

		sistema automático de la válvula diseña.
FASE II: Instalación del sistema hidráulico		En esta etapa se hace la implementación de la válvula Grabber automatizada en el Top Drive convencional, como prueba inicial con base en los estudios y documentos analizados. Posteriormente, se realizan los ajustes del diseño.
FASE III: Desarrollo de pruebas y evaluación del sistema instalado		Se lleva a cabo pruebas de la válvula una vez instalada, a partir del análisis de los datos arrojados. Seguidamente se hace una comparación entre el sistema mecánico y el sistema automatizado implementado en la empresa

Nota: Elaboración propia (2022)

6. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

Mediante la técnica de observación directa se logró observar que el funcionamiento del Top Drive Tesco HMI de 250 toneladas utilizado en la compañía Masa Stork, implementa en su válvula Grabber un sistema mecánico, compuesto por resortes y pasadores lo que implica una manipulación constante de las herramientas y equipos por parte del personal en las operaciones de manejo de sarta de perforación, además de un gran número de operarios en el proceso de perforación para el manejo del equipo.

El manejo de la válvula con el sistema mecánico es operado por los trabajadores ayudándose de un winche hidráulico para sujetar y poder darle el movimiento arriba o abajo. Para que la válvula quede en la posición de trabajo se le instala un pin o pasador dándole fijación a la válvula.

Bajo esta perspectiva cabe resaltar que este tipo de funcionamiento mecánico en el Top Drive Tesco HMI de 250, presenta una alta probabilidad de ocurrencias de incidentes, accidentes, pérdidas de tiempo y aumento de los costos de operación, puesto que; este tipo de funcionamiento en estos equipos de perforación, son obsoletos y desactualizados por los avances tecnológicos que, en materia de aplicación de sistemas de control de procesos, se han venido implementando a nivel industrial.

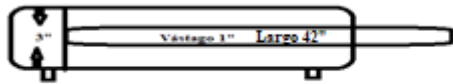
En este sentido, el funcionamiento mecánico presentado en el Top Drive Tesco HMI 250, de la empresa Masa Stork, representó una gran oportunidad como trabajador operativo de esta compañía y como estudiante del programa Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica, de la Universidad Antonio Nariño, en la ciudad de Valledupar-Cesar, por lo cual presente ante la empresa la solicitud para llevar a cabo mi Proyecto de grado, el cual es un requisito para optar al título de Tecnólogo en Mantenimiento Electromecánico Industrial, de tal manera que en aras de cumplir con este requisito en mi formación tecnológica y queriendo dar solución a la problemática presentada en la empresa Masa Stork, se

solicita ante la empresa la oportunidad de realizar el proyecto titulado: Automatización del mecanismo de funcionamiento de la Válvula Grabber para manejo de tubería, logrando obtener por parte de la empresa una respuesta positiva y autorización para esta implementación. (Anexo 1)

Obtenida la autorización por parte de la empresa, se procede a la planificación, entrega y aprobación del anteproyecto ante las autoridades universitarias y la dirección de mantenimiento de la empresa Masa Stork. Obtenida la aprobación de éste, se procede al desarrollo de las fases del proyecto, los resultados obtenidos en la aplicación de cada fase se describen a continuación:

6.1 Resultados fases I: Diseño del sistema hidráulico

A continuación, se muestran los cálculos para el cilindro:



Área del cilindro

$$D^2 \cdot 0,7854 = Area$$

$$Entrada A: 3^2 \cdot 0,7854 = 7,0686 in^2$$

$$Entrada B: 1^2 \cdot 0,7854 = 0,7854 in^2$$

$$Area del vástago 7,0686 - 0,7854 = 6.2832 in^2$$

Fuerza del cilindro

$$F = P \cdot A$$

$$F^A = 1800 PSI \cdot 7,0686 in^2 = 12723,48 lb$$

$$F^B = 1800 PSI \cdot 6,2832 in^2 = 11309,76 lb$$

Tiempo de extensión del vástago (se tiene una bomba hidráulica de 10 GPM, 1800 RPM y 2000 PSI, tiempo de trabajo del cilindro 15 sec)

$$Area \cdot Recorrido \cdot 0,26 / GPM$$

$$7,0686 in^2 \cdot 42" \cdot 0,26 / 15 sec = 5,1459408 GPM$$

Tiempo de extracción del vástago

$$6,2832 in^2 \cdot 42" \cdot 0,26 / 5,1459408 = 13,3333 sec$$

Velocidad del cilindro: $GPM \cdot 19,25 / Area$

Velocidad de extensión:
 $5,1459408 \cdot 19,25 / 7,0686 = 14,014 ft/min$
 Velocidad de extracción:
 $5,1459408 \cdot 19,25 / 6,2832 = 15,765 ft/min$

En esta primera fase del desarrollo del proyecto se utilizaron como herramientas de diseño los programas Fluidsim-h, para diseñar el sistema hidráulico y el programa Tinkercar, para diseñar el sistema eléctrico de la automatización.

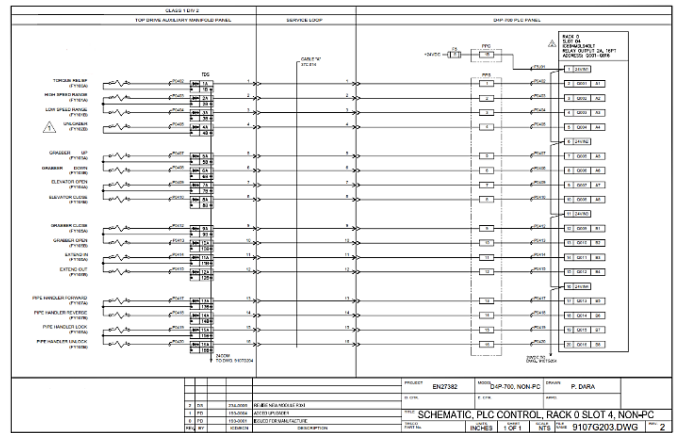
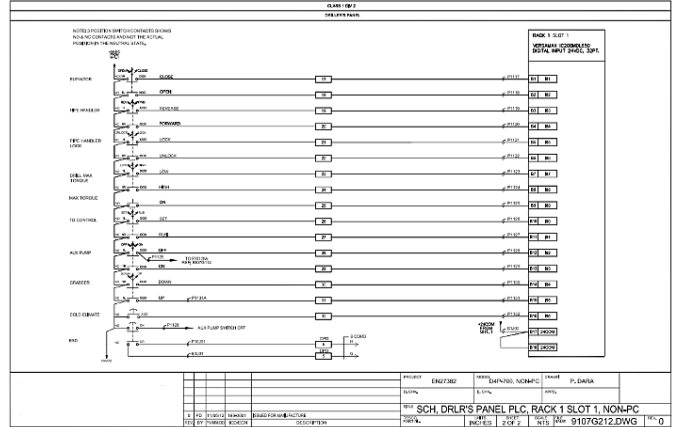
Para diseñar el sistema hidráulico se utilizó un cilindro de tres entradas (la entrada del centro se utiliza para conectar el sistema de compensación) para reemplazar el resorte que lleva

el sistema mecánico, una electroválvula de tres posiciones y cuatro vías, la cual tiene una entrada de presión, una salida que va para tanque, dos salidas para llevar el fluido hidráulico al cilindro; la electroválvula es accionada por señal eléctrica a través de una tensión de 24 voltios. Se utilizaron mangueras de 1/4" para 3000 psi, en conexión JIC (unión hembra hembra).

Utilizando un PLC marca General Electric, al cual le llega una señal digital del switch hasta el módulo, y saliendo la información hasta la electroválvula.

La electroválvula utilizada es de centro cerrado para evitar que cuando se corte la señal eléctrica, el fluido de hidráulico descargue a tanque

A continuación, se muestra el plano de conexión del PLC:



Se utilizó un switch on-off con retorno para evitar que al operario se le olvide colocarlo en off.

En estos programas se realiza un análisis de los mecanismos convencionales y últimas tecnologías en Top Drives, con el fin de prever su aplicabilidad e implementación en esta actividad de la compañía en la actualidad.

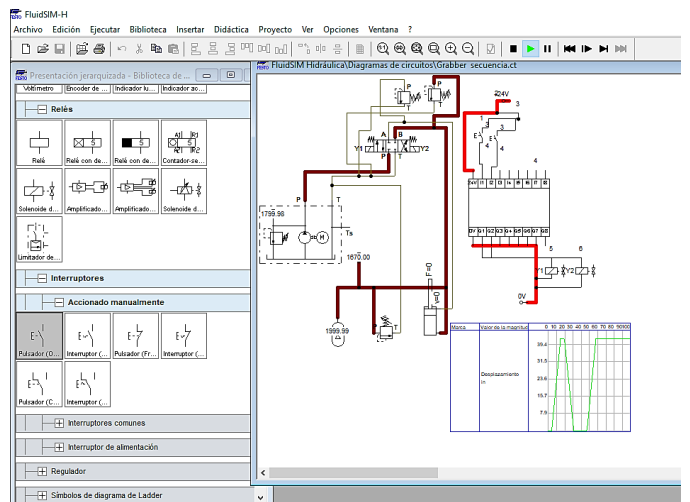
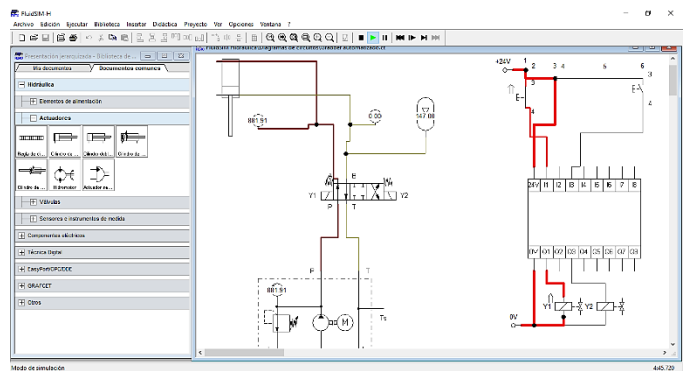
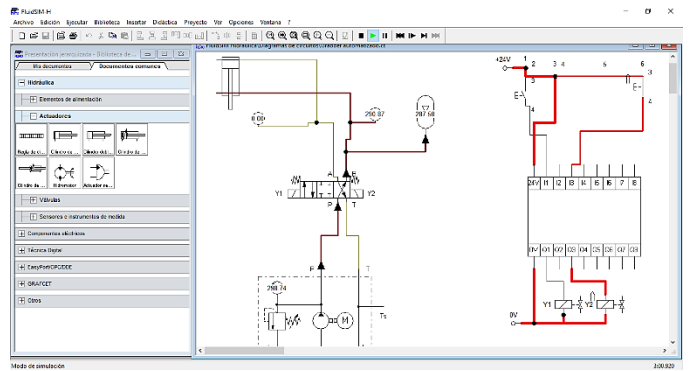
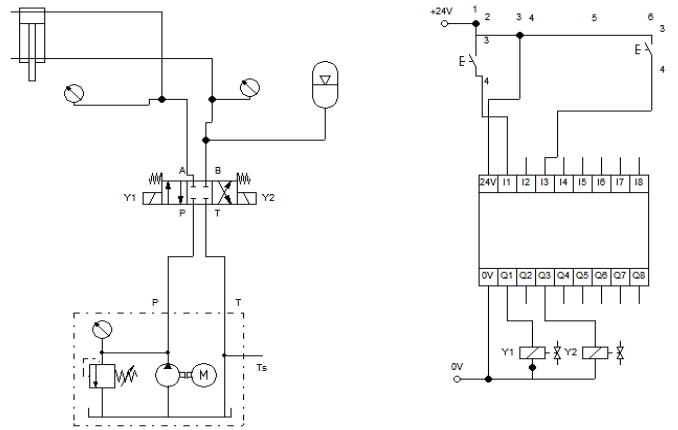
A continuación, se muestra la configuración del sistema mecánico del Top Drive Tesco HMI 250 y el diseño del sistema hidráulico en forma sistematizada.

En los anexos se adjunta un video donde se explica el funcionamiento del sistema utilizado para automatizar la válvula Grabber y sus componentes.

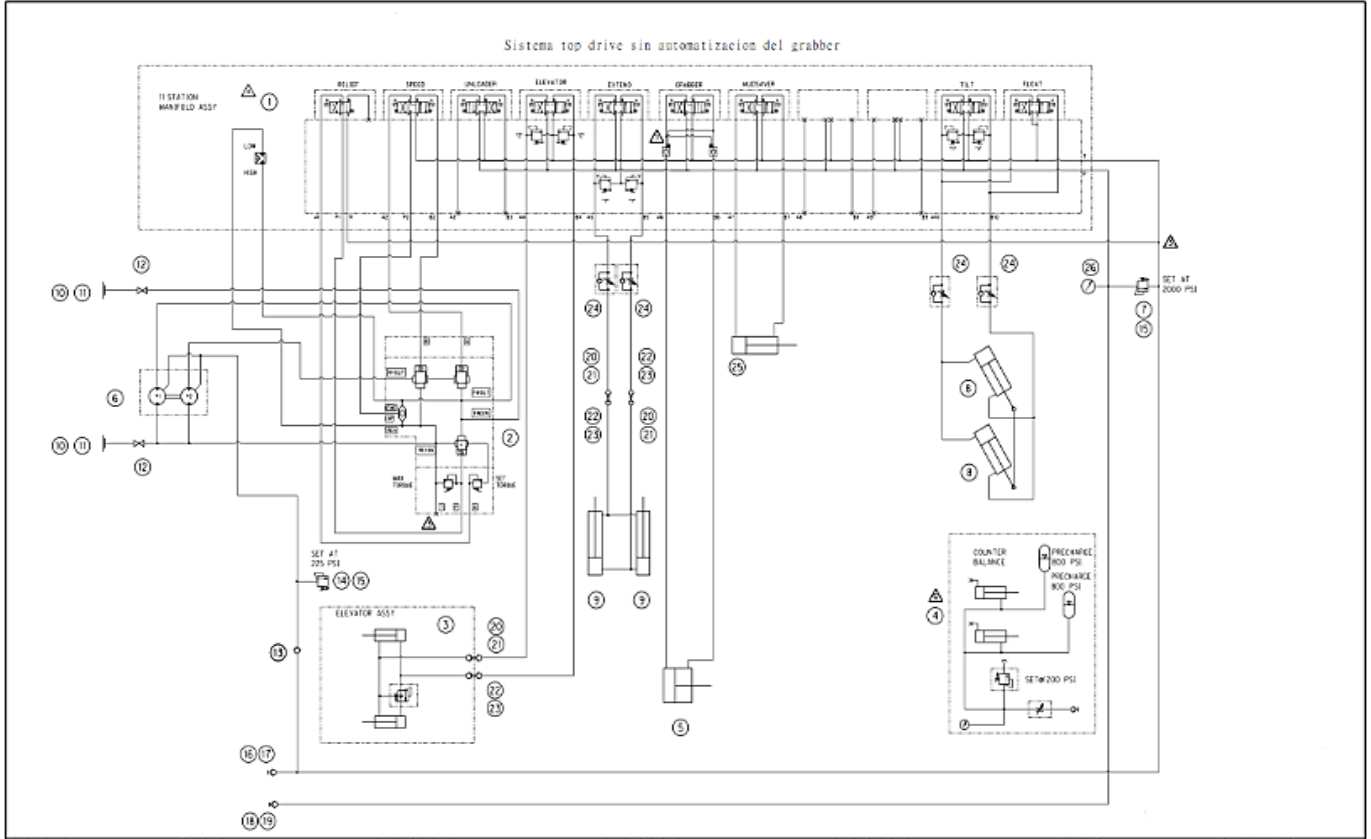
6.2 Resultado fase II: Instalación del sistema hidráulico

En esta etapa se hace la implementación de la válvula Grabber automatizada en el Top Drive convencional, para tal fin se retiran del Top Drive convencional los resortes y pasadores y se adapta un cilindro hidráulico, con sus respectivos accesorios y mangueras, adicionalmente se instala el circuito eléctrico mediante el cual se opera el sistema hidráulico automatizado.

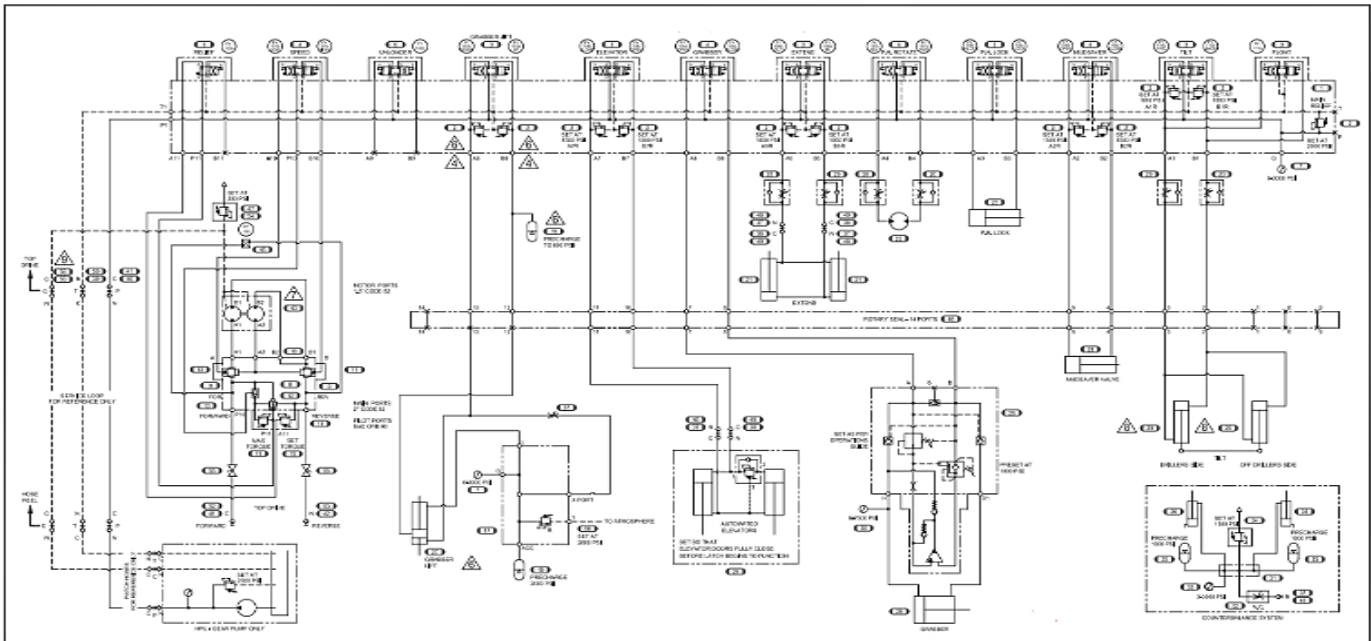
A continuación, se presenta la siguiente secuencia fotográfica, como prueba del desarrollo de esta fase del proyecto, las mismas evidencian los procesos realizados para el desmonte de los resortes y pasadores y el montaje del cilindro hidráulico, que permitirá la automatización de la válvula Grabber en el Top Drive Tesco HMI 250.



FUNCIONAMIENTO MECANICO TOP DRIVE TESCO 250

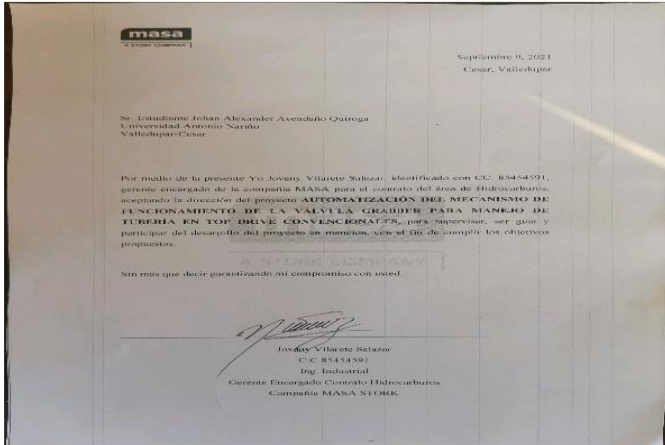


DISEÑO DEL SISTEMA HIDRÁULICO EN FORMA SISTEMATIZADA

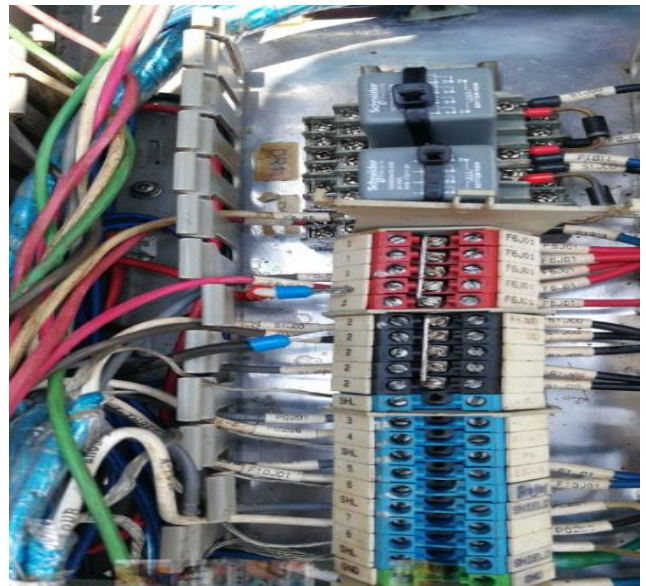
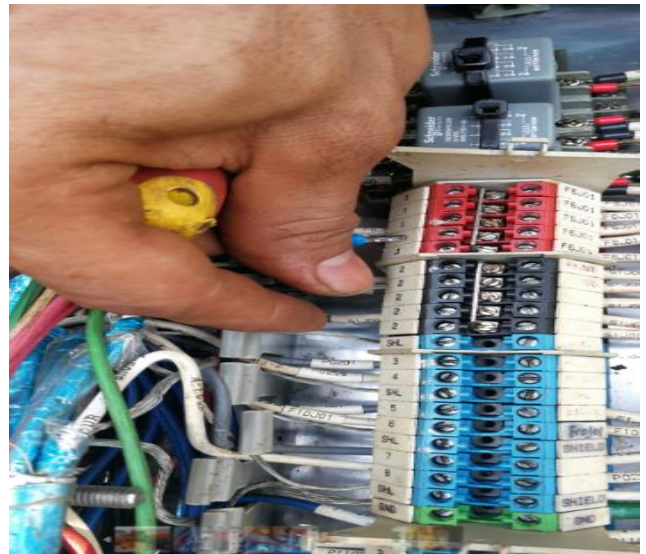


El diagrama de estados muestra la retracción del embolo y arroja un tiempo de 12,83 segundos, que es cercano al calculado de 13,33 segundos. Para la extensión, la simulación arrojó un tiempo de 13,51 segundos, que es cercano a lo calculado que fue de 14,01 segundos. Los tiempos de simulación fueron tomados con cronometro.

AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA PARA REALIZAR EL PROYECTO.



En el siguiente link explico brevemente el esquema como fue diseñado el circuito hidráulico para subir y bajar el Grabber: <https://youtu.be/LT-LaX90Lew>.



6.3 Resultado fase III: Desarrollo de pruebas y evaluación del sistema instalado

Luego de terminar la instalación del sistema hidráulico y el circuito eléctrico para su comando, se procede hacer pruebas evaluativas en el funcionamiento del equipo, evidenciándose en dichas pruebas que el sistema hidráulico instalado para alcanzar la automatización de la válvula Grabber en el Top Drive Tesco HMI 250, funcionaba perfectamente, de tal manera que, a partir del análisis de los datos arrojados, se establece que no existe la necesidad de hacer ajustes al sistema instalado. Seguidamente y teniendo en cuenta el análisis de los datos arrojados en las pruebas realizadas para evaluar el funcionamiento del sistema hidráulico instalado, se hace una comparación entre el sistema mecánico y el sistema automatizado implementado en la empresa, obteniendo los datos que se observan en la siguiente tabla.

TOP DRIVE CONVENCIONAL	TOP DRIVE AUTOMATIZADO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ La válvula Grabber es mecánica ✓ Internamente tiene resortes y unos orificios donde es instalado un pasador para graduar la altura donde se quiere trabajar la válvula ✓ Los trabajadores por medios de mecanismos externos hacen el movimiento de la válvula ✓ En un viaje de tubería realizado por un Top Drive convencional están entre 11 a 12 horas dependiendo de la profundidad del pozo a perforar para la extracción de hidrocarburo ✓ Los operarios tienen más riesgo de que haya atrapamiento o accidentes en los trabajadores ✓ Hay más pérdidas de tiempo en operación donde hay tubería donde se realiza el torque ✓ Hay que nivelar para tener un agarre adecuado y no dañar la rosca de la tubería 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El Grabber está compuesto por un cilindro hidráulico, mangueras, electroválvulas, cables, switch y PLC ✓ El sistema ayuda a mejorar el tiempo de la conexión de la tubería. ✓ Los trabajadores están menos expuesto a incidentes o accidentes ✓ El Top Drive automatizado reduce el tiempo viaje de tubería realizado de 9 a 10 horas por viaje de tubería dependiendo la profundidad del pozo a perforar. ✓ En la perforación de un pozo de hidrocarburo se hace de 8 a 12 viajes de tubería donde se realiza conexión y desconexión de la tubería de perforación.

CONCLUSIONES

El diseño del sistema hidráulico fue comprobado en cuanto a su funcionamiento mediante software de automatización, y se determinó que quedó listo para ser implementado en el Top drive.

A todos los elementos que conforman el equipo se le realizó pruebas de presión, verificando que soportan presiones de 1800 psi, mientras que los elementos utilizados en el montaje soportan 3000 psi, y en la instalación de los cilindros hidráulicos fue necesario ajustar la longitud de las mangueras para evitar que quedaran cortas, ya que el Grabber realiza movimientos arriba y abajo.

La automatización de la válvula Grabber en el Top Drive Tesco HMI 250 del equipo de perforación de la empresa Masa Stork, le ha permitido a esta compañía mejorar los resultados operativos en cuanto al manejo y operatividad del equipo, reduciendo riesgos operacionales, mejorando la calidad de vida de los operadores, reduciendo la fatiga del equipo al momento de aplicar torque a la tubería, protegiendo las manos, y por último y de gran importancia, logrando la reducción de los costos operacionales, lo cual se ve reflejado en una mayor rentabilidad

para la empresa, lo que garantiza su permanencia en el mercado de la perforación.

Con el desarrollo de este proyecto también se ha logrado que la empresa Masa Stork de la Loma Cesar, reduzca los tiempos no productivos que se presentan en el momento de los viajes de tubería, pues ya se ha demostrado que con este nuevo sistema automatizado la empresa ha ahorrado entre 2 y 3 horas por viaje, lo que representa un ahorro en pozo de 9 a 10 horas de conexión, y teniendo en cuenta que la capacidad de la empresa a nivel de perforación es de 25 pozos por año, se logra un ahorro en tiempo de aprox. 250 horas de operación, lo cual es un ahorro importante no solo en tiempo sino también gastos, que permitirá una mayor productividad.

Finalmente, se puede asegurar que existe un beneficio directo para los trabajadores, ya que la automatización del equipo evita la exposición a riesgos laborales, lo cual se ve reflejado en el bienestar de los operarios.

REFERENCIAS

- [1] M. Cuadrado. "Evaluación Técnico-Financiera del Desempeño en la Perforación de un Pozo con el Taladro Hidráulico pw-147 1500 hp. De Alimentación Automática". Tecnología Súper Single, en el Campo Yariquí. Bogotá. p. 167. (2016).
- [2] C. D. Haro. Análisis de la Normativa Pertinente para la Implementación de un Manual de Inspección y Mantenimiento Del Top Drive usado en el Proceso de Perforación de un Pozo Petrolero en la Industria Hidrocarbúfera Del Ecuador. Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Programa de Ingeniería de Petróleos, Quito. (2014). p. 185
- [3] ST Derby. Design of Automatic Machinery., Edit M., Dekken, 2005
- [4] S. L. Fonseca., J., Álvarez. Reseña Histórica del Control Automático, Instituto Tecnológico Metropolitano, Colombia. (2011) en:<http://www.slideshare.net/automatizacionplc/resea-historica-de-la-automatizacion> (descargado el 18 de noviembre del 2015).
- [5] J. Duran., H. Martínez., J. Gamiz., J. Domingo., y Grau, A. *Automatismos eléctricos e industriales*. España: Marcombo ediciones técnicas, Altamar S.A. Ed. San Sebastián. (2012)
- [6] R. K. Yin. Case Study Research: Design and Methods. Sage Publications, Thousand Oaks, CA.
- [7] J. E. Blasco, & J.A. Pérez, (2007). *Metodologías de investigación en ciencias de la actividad física y el deporte: ampliando horizontes*. Madrid - España: Editorial ECU.
- [8] J. Lozada. "Investigación Aplicada: Definición, Propiedad Intelectual e Industria". Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica Vol. 3 Núm. 1 Pág. (2014).
- [9] M. Tamayo. "El Proceso de la Investigación científica". México: Limusa S.A.
- [10] H. Santa, y G. Martins. "Estudios de campo. Una nueva perspectiva". Ediciones. Ruiz. Colombia. (2010)
- [11] R. C. Hernández, C. Fernández, & P. Baptista. "Metodología de la Investigación". México: Mc Graw Hill. (2006)
- [12] J. Hurtado. "El Proyecto de investigación comprensión holística de la metodología y la investigación" Caracas, Venezuela: Ediciones Quirón. Sypal, Servicios y Proyecciones para América Latina 82012)

[13] J. Hurtado. *Guía para la comprensión Holística de la ciencia*, Unidad III, Capítulo 3, PP. 45 a 65. (2008). [Recuperado de <http://virtual.urbe.edu/tesispub/0092769/cap03.pdf>]

Biografía Autor: Johan Alexander Avendaño Quiroga, estudiante de la Universidad Antonio Nariño, en el Programa de Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial, de la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica, en la ciudad de Valledupar, Colombia. 2022.