



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Geología

Trabajo de Grado

**EVALUACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL
SISTEMA PTP UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS
EN PARAGUAY EN EL AÑO 2020**

LUZ BELÉN GONZÁLEZ MORENO

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del Grado de
Licenciado en Ciencias-Mención Geología

**SAN LORENZO – PARAGUAY
DICIEMBRE – 2020**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Departamento de Geología
Trabajo de Grado

**EVALUACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL
SISTEMA PTP UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS
EN PARAGUAY EN EL AÑO 2020**

LUZ BELÉN GONZÁLEZ MORENO

Orientadora: **Prof. Dra. ANA MARÍA CASTILLO CLERICI**

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de la
Licenciatura en Ciencias Mención Geología

SAN LORENZO – PARAGUAY
DICIEMBRE 2020

**EVALUACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL SISTEMA
PTP UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS EN PARAGUAY EN
EL AÑO 2020**

LUZ BELÉN GONZÁLEZ MORENO

Trabajo de Grado presentado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención de la
Licenciatura Ciencias Mención Geología.

Fecha de aprobación: de diciembre de 2020

COMITÉ ASESOR DE TRABAJO DE GRADO

MIEMBROS:

Prof. Dra. Ana María Castillo Clerici

Universidad Nacional de Asunción.

Prof. MSc. Sonia Mabel Molinas Ruiz Díaz

Universidad Nacional de Asunción.

Prof. MSc. Narciso Cubas Villalba

Universidad Nacional de Asunción.

DEDICATORIA

A mi Madre Fermina Moreno, por enseñarme con el ejemplo que nada es imposible.

A mi Padre Oscar González por su constante apoyo.

A mis Hermanos, Oscar Emilio, Ricardo, Liz Luján, Leyla Isabel y Laura Milagros González Moreno por alentarme a seguir cuando todo parecía imposible.

A mi Amigo y Compañero de lucha Mathias de Jesús Forcado por caminar siempre a mi lado impulsándome a llegar a mí me meta A mi Amigo y Compañero de lucha Mathias de Jesús Forcado por caminar siempre a mi lado impulsándome a llegar a mí me meta.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi verdadero maestro y guía en mí andar cotidiano.

A mis Padres Fermina Moreno Abdala y Oscar González Vera por ser el motor que me impulsa a realizarme como persona y profesionalmente.

A mis hermanos por brindarme sus apoyos en las buenas y en las malas.

A Liz Luján González Moreno mi hermana y futura colega por su valioso aporte y acompañamiento.

A Mathias Forcado por brindarme las herramientas y ayuda necesaria para culminar con éxito este trabajo.

A mis cuñados Sofía Maricel, Ana Belén y Rubén por apoyarme de manera incondicional.

A la Prof. Dra. Ana María Valentina Castillo Clerici por ser mi guía y motor para lograr mi objetivo.

A la Lic. Maria Rosa Campaya por su incondicional colaboración durante la elaboración de mi trabajo.

A la Dra. Katia Miranda por su valiosa orientación y apoyo.

A mis amigos y futuros colegas Ariel Peralta y Dahiana López por acompañarme en todos los buenos y difíciles momentos que hemos pasado en el transitar de nuestra carrera.

A todos mis compañeros y amigos de carrera con quienes he compartido la dura tarea para llegar a mi meta.

A cada uno de los profesores que me ayudaron a forjar la vida profesional para llegar a mí meta

EVALUACIÓN DE LA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES EN EL SISTEMA PTP UTILIZADO EN LA PERFORACIÓN DE POZOS EN PARAGUAY EN EL AÑO 2020

Autor: LUZ BELÉN GONZÁLEZ MORENO
Orientador: Prof. Dra. ANA MARÍA CASTILLO CLERICI

RESUMEN

La presente investigación fue realizada en los Departamentos de Paraguari, Canindeyú, Cordillera, Caazapá, San Pedro, con el objetivo principal de evaluar si en el sistema PTP utilizado en la perforación de pozos en Paraguay se ajusta a la prevención de accidentes, para lo cual se realizaron encuestas anónimas a 36 trabajadores, mediante las cuales se pudo determinar lo siguiente: ocurren 2 accidentes por pozo cada vez que se realizan las perforaciones. En referencia a la continuidad laboral, la mayoría respondió que no continuaría, representando de esta manera el 57,89%. Referente a la pregunta de si han tenido algún accidente en una perforación de pozos la mayoría 47,22% (17 personas) respondieron que no. Los resultados de la encuesta referente a los tipos de accidentes que ocurren, teniendo así en primer lugar al desmoronamiento, a continuación se tienen los siguientes: Amputación de dedos, aplastamiento de manos, corte de dedos y golpe en la cabeza en un mismo porcentaje, luego están: Aplastamiento de dedos, aplastamiento de pies, atropellamiento de vehículos, deshidratación/insolación, fractura de dedos, fractura en la cabeza, fractura en las extremidades inferiores, quemadura de rostro. Los resultados referentes a la prevención, en donde el mayor porcentaje de encuestados refirió el uso adecuado de EPP (Elementos de protección personal) y la capacitación, seguidamente el uso adecuado de EPP, la evaluación de riesgo, capacitación de personal y por último la existencia de un encargado de seguridad.

Palabras clave: pozos, perforaciones, sistema PTP, riesgos, accidentes.

EVALUATION OF ACCIDENT PREVENTION IN THE PTP SYSTEM USED IN THE DRILLING OF WELLS IN PARAGUAY IN 2020

Author: LUZ BELÉN GONZÁLEZ MORENO
Counselor: Prof. Dra. ANA MARÍA CASTILLO CLERICI

SUMMARY

The present investigation was carried out in departments of the Paraguari, Canindeyú, Cordillera, Caazapá, San Pedro., with the main objective of evaluating whether the PTP system used in drilling wells in Paraguay adjusts to the prevention of accidents, for which anonymous surveys were conducted with 36 workers, through which can be determined as follows: 2 accidents occur per well each time drilling is performed. Regarding job continuity, the majority answered that they would not continue, thus representing 57.89%. Regarding the question of whether they have had an accident in a well drilling, most 47.22% (17 people) answered no. The results of the survey referring to the types of accidents that occur, thus having first of all the collapse, then are the following: Amputation of fingers, crushing of hands, cutting of fingers and blow to the head in the same percentage, then there are: Crushed fingers, crushed feet, vehicle run over, dehydration / heat stroke, broken fingers, broken head, broken lower limbs, face burn. The results referring to prevention, where the highest percentage of respondents referred to the appropriate use of PPE (Personal Protection Items) and training, followed by the appropriate use of PPE, risk assessment, staff training and finally the existence of a security officer.

Keywords: wells, drilling, PTP system, risks, accidents.

ÍNDICE

	Página
1.INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos.....	2
1.4. Hipótesis	2
2.MARCO TEÓRICO	3
2.1. Antecedentes	1
2.2. Pozos para abastecimiento de agua.....	3
2.2.1. Clasificación de los pozos.....	3
2.2.1.1. Pozo excavado	4
2.2.1.2. Pozo taladrado.....	4
2.2.1.3. Pozo a chorro	4
2.2.1.4. Pozo clavado	4
2.2.1.5. Pozo perforado	4
2.3. Métodos de perforación de pozos	5
2.3.1. Perforación por percusión	5
2.3.2. Perforación por rotación	9
2.4. Equipo de perforación manual	14
2.4.1. Antecedentes	14
2.4.2. Equipo de perforación manual modelo CEPIS	15
2.4.2.1 Aplicaciones.....	15
2.4.2.2. Características	16
2.4.2.3. Componentes.....	17
2.5. El SPT: ensayo de penetración estándar	24
2.6. Concepto de Riesgos.....	29
2.6.1. Clasificación de los Riesgos	29
2.6.2. Gestión de riesgos	31
2.6.3. Métodos de estudios para el análisis de riesgos.....	32
2.6.4. Evaluación de riesgos	33
2.6.5. Análisis de puesto de trabajo	34
3.METODOLOGÍA	40
3.1. Área de estudio..	36
3.2. Universo.....	37
3.3. Muestra	37
3.4. Unidad de análisis	37
3.5. Muestreo	37
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
4.1. Resultado de las encuestas	38
4.2. Discusión.....	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1. Conclusiones	44
5.2. Recomendaciones	44

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45
ANEXOS.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Componentes de un equipo de perforación por percusión a cable (Auge, 2005).....	7
2. Equipo de perforación rotativa con circulación directa. Componentes y flujo de inyección. (Auge, 2005)	10
3. Equipo de perforación rotativa con circulación inversa. Componentes y flujo de inyección. (Auge,2005)	11
4. Dimensiones del toma muestras SPT propuesto por la norma UNE 103.800:92 (AENOR) (Auge, 2005)	25
5. Dimensiones del toma muestras SPT propuesto por la norma UNE 103.800:92 (AENOR). (Auge, 2005)	25
6. Tomamuestras o cuchara SPT (TECSO) (Auge, 2005).....	26
7. Despiece completo del tomamuestras SPT (<i>MARTON GEOTECHNICAL SERVICES</i>).....	26
8. Muestra obtenida de un ensayo SPT. (Auge, 2005).....	27
9. Dispositivo de golpeo mediante maza automática. (Auge, 2005).....	28
10. Número de accidentes.....	38
11. Datos recabados acerca de la continuidad laboral.....	39
12. Datos recabados acerca de si han tenido algún accidente laboral.....	39
13. Datos recabados referentes a los tipos de accidentes.....	40
14. Datos recabados referentes a la prevención de accidentes.....	41

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
A1. Decreto 14390/92.....	48
A2. Datos de las encuestas.....	52
A3. Interpretación de riesgos.....	53
A4. Datos de las encuestas.....	54
A5. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.....	55
A6. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.....	56
A7. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.....	57

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

BACN	:	Biblioteca y archivo central del Congreso de la Nación
CEPIS	:	Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
Cm	:	centímetros
C.A.T.	:	comunicación de accidentes de trabajo
I.P.S.	:	Instituto de Previsión Social
N°	:	número
OIT	:	Organización Internacional del Trabajo
OPS	:	Organización Panamericana de la Salud
PTP	:	pozos tubulares profundos
PVC	:	policloruro de vinilo
STP	:	ensayo de penetración estándar

I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realiza por la preocupación que puede constituir las actividades de perforación de pozos en Paraguay que involucra un número de tareas de alto riesgo para las personas como así también el daño que puede provocar al medioambiente, entre otros innúmeras afectaciones, especialmente cuando se producen los accidentes laborales, no solo la integridad física de los trabajadores sino también ocasionan efectos económicos negativos debido a la pérdida de productividad, la repercusión a la fuerza laboral, los costos de atención médica o reparación de los daños causados por estos hechos y los valores por concepto de compensación de las afecciones, entre otros daños (Hergesheimer, 2015).

Debido a la constante exposición a los que están sometidos los trabajadores en la industria de perforación se debe prestar especial atención a la identificación de los riesgos a los que se encuentran expuestos de acuerdo con sus actividades en el equipo de perforación para poder establecer medidas de mitigación (Hergesheimer, 2015).

En relación al medio ambiente, la perforación puede llegar a contaminar el acuífero o las aguas superficiales por el mal uso de los químicos utilizados en la perforación, así como el cuidado de no reinyectar agua ya utilizada para la propia perforación con los químicos adicionales, contaminando los acuíferos.

1.1. Planteamiento del Problema

En la actividad de perforación de pozos se presentan ciertos incidentes que atentan contra los trabajadores, en los cuales pueden tener lugar lesiones en algunos casos graves, más específicamente en los dedos de las manos, lo cual puede ocurrir

durante el mando de las maquinarias utilizadas para el trabajo de perforación de pozos ya que son de gran tamaño y peso, lo que hace necesario tomar todas las medidas que puedan evitar estos tipos de accidentes laborales, ya que son de frecuente ocurrencia.

1.2. Justificación

La organización en el ambiente de trabajo es importante para la prevención de accidentes, desde la selección del personal hasta los medios adecuados para evitar riesgos laborales, considerando que el trabajo puede afectar de forma positiva o negativa sobre la salud de las personas (Quintanilla *et al.*, 2011).

Cuando los trabajadores están expuestos a peligros, puede verse afectada su salud física y mental. Caso contrario, en ausencia de peligros, cuando los trabajadores están interesados o involucrados en su trabajo, aumenta la satisfacción y puede dar como resultado una mejora de su salud o bienestar. (Quintanilla *et al.*, 2011).

Todo trabajador tiene derecho a una protección eficaz de su seguridad, higiene y salud. Así mismo, un requisito básico para las empresas es disponer de centros de trabajo que cuenten con adecuadas condiciones de seguridad e higiene. (Talavera, 2019)

Para conseguir estos objetivos es necesario, por un lado, el cumplimiento de las normas existentes, y por otro, disponer de profesionales especializados en seguridad e higiene que puedan asesorar y gestionar estos aspectos (Talavera, 2019).

Esta investigación se realiza con el objetivo de conocer los riesgos que se puede presentar en una perforación de pozos tubulares profundos (PTP) y cómo afectaría al trabajador para tomar medidas de prevención. Con los datos recabados se pretende aportar información para el conocimiento de los riesgos y así poder capacitar a los trabajadores.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar si en el sistema PTP utilizado en la perforación de pozos en Paraguay se ajusta a la prevención de accidentes.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar los niveles de riesgo a que están expuestos actualmente los trabajadores durante el desarrollo de cada una de sus tareas, cuantificando los riesgos para su valoración y priorización.
- Realizar recomendaciones de control de riesgo en la perforación de pozos con el sistema PTP para la prevención de accidentes.

1.4. Hipótesis

¿Es posible implementar un análisis de riesgo previo a las perforaciones de pozos?

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Para entender los riesgos que pueden producir las actividades de perforación, hemos tomado como referencia a García, 2019, en un trabajo Especial de Grado “GESTIÓN DE LA SEGURIDAD DURANTE LA PERFORACIÓN DE POZOS EN EL NORTE DEL PERU, éste trata de un análisis de riesgos para la perforación de pozos en el Norte del Perú, coloca una propuesta para poder reducir y evitar los accidentes durante la perforación y minimizar la salida de divisas que afectan a la economía de las empresas. En dicha propuesta, se realizó una investigación descriptiva porque fueron tomados en cuenta los diferentes trabajos anteriores, durante y después de la perforación de pozos con el fin de identificar los posibles peligros durante las maniobras que se realizan en una perforación con el sistema STP.

El trabajo de investigación estuvo encaminado a describir cada riesgo o peligro que se presente en cada etapa de la perforación así también su traslado, montaje y desmontaje del equipo de perforación con el fin de elaborar un correcto permiso de trabajo y dar las charlas adecuadas a los obreros antes de cada trabajo con el fin de abarcar todos los posibles riesgos que se pueden presentar durante la perforación.

La normativa de Paraguay establece una serie de obligaciones a los empleadores, con relación a la gestión de aspectos relacionados con la seguridad e higiene:

Dichas normativas que se citaran a continuación se desconocen por el

incumplimiento durante la ejecución de los trabajos en algunos campos laborales; específicamente durante la perforación del PTP (Biblioteca y archivo central del Congreso de la Nación -BACN, 2014)

- **Ley 213/93**, que establece el Código del Trabajo.

Se recoge en su Título Quinto, aspectos relacionados con la Seguridad, Higiene y Comodidad en el Trabajo. Se señala que el empleador deberá garantizar la higiene, seguridad y salud de los trabajadores.

Menciona también sobre la obligación de evaluar los riesgos y planificar las medidas que deben utilizarse contra los mismos. Asimismo, se señala que el empleador facilitará formación e información práctica en salud, seguridad e higiene.

El Paraguay al igual que otros países garantiza el derecho al trabajo dentro de su Carta Magna, en el mismo sentido protege al trabajo en forma integral junto con todos sus actores, existe una interrelación de disposiciones constitucionales que hacen juego con la salud y el medio ambiente en relación directa al trabajo.

Con relación a los riesgos laborales, en el Paraguay el accidente de trabajo es concebido como toda lesión orgánica que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute para su patrón y durante el tiempo que lo realice o debiera realizarlo. Dicha lesión ha de ser producida por la acción repentina y violenta de una causa exterior. En cuanto a la enfermedad profesional, esta es definida como todo estado patológico que sobreviene por una causa repetida por largo tiempo, como consecuencia de la clase de trabajo que desempeña el trabajador o del medio en que ejerce sus labores, y que provoca en el organismo una lesión o perturbación funcional, permanente o transitoria, pudiendo ser originada esta enfermedad profesional por agentes físicos, químicos o biológicos. Así, la prevención de riesgos laborales en el Paraguay tendrá como marco las referencias dadas anteriormente tanto para el caso de accidentes de trabajo como para la enfermedad profesional (Bellido, 2015).

Actualmente una de las principales dificultades que se manifiestan en el país es aquella dificultad que se manifiesta al tratar de obtener una definición estadística sobre los accidentes de trabajo en el país, esto debido a que muchos de los empleadores no realizan adecuadamente la comunicación de accidentes de trabajo (C.A.T.) a la Autoridad Administrativa del Trabajo. En el mismo sentido si esto se comunica al Instituto de Previsión Social (I.P.S.) se lo agrega como enfermedad común o profesional y no siempre existe un nexo o flujo de comunicación constante sobre estos casos entre ambas instituciones (Dirección del Trabajo e I.P.S.), de esta forma se pierden constantemente datos sumamente importantes no solo para la obtención de una base estadística segura y confiable sobre los accidentes laborales sino como medio y forma de prevención (Moreno Rodríguez Alcalá, R. 2002).

La Dirección del Trabajo, oficina administrativa dependiente del Ministerio del Trabajo, posee un registro anual de aproximadamente 150 casos de denuncias por despido injustificado debido a incapacidad por accidentes de trabajo. Estas estadísticas forman parte a su vez de denuncias formalizadas por los trabajadores en caso de despido injustificado, no directamente por los casos de accidentes laborales, por lo que tampoco este dato estaría arrojando cifras que sirvan para estudios o investigaciones específicos sobre el tema.

Como se ha visto anteriormente, son los propios empleadores quienes “disfrazan” los reposos como causas de enfermedades comunes, siendo que en realidad han sido consecuencia de accidentes de trabajo. Por lo expuesto, no pueden a los efectos estadísticos y analíticos ser consideradas estas referencias parciales sobre accidentes de trabajo para la elaboración de un trabajo de investigación, lo que a su vez demuestra la falta de una política de Estado específica sobre el tema que nos ocupa.

El Ministerio del Trabajo, es el organismo encargado de controlar el cumplimiento efectivo de la normativa establecida en el Código del Trabajo, en el Reglamento General Técnico de Seguridad, Higiene y Medicina en el Trabajo aprobado por Decreto N° 14.390/92, en las recomendaciones de la Organización

Internacional del Trabajo (OIT) así como en otras legislaciones y resoluciones relativas a la seguridad en el trabajo, que deben ser respetadas.

El Paraguay actualmente vive el auge del área de la construcción, por lo que se abre una gran posibilidad de focos de accidentes laborales, pero cuál sería la principal razón por la cual suceden estos accidentes, si bien ya hemos hablado anteriormente sobre los factores externos, también debemos hacer hincapié en los factores que corren bajo responsabilidad del empleador y del trabajador, cabe la duda de si realmente las partes cumplen con su deber en base a la prevención de accidentes tomando las medidas necesarias, ya sea con equipamiento adecuado, inspección y evaluación de posibles riesgos etc. Es por ello que el Paraguay en solo el primer semestre del presente año, ya hemos tomado conocimiento de más de cinco accidentes laborales, lo que representaría casi un accidente laboral por mes, y siendo eso catastrófico, nos queda aún por aclarar que en el 100 % de ellos hubo víctimas fatales (Bellido, 2015)

Tanto la protección del trabajador como las medidas de salud y seguridad social constituyen garantías Constitucionales que deben ser respetadas y observadas a cabalidad por el Estado (Bellido, 2015)

La facultad Politécnica de la Universidad Nacional de Asunción ofrece una formación de especialización y maestría en Seguridad e Higiene Laboral (Facultad Politécnica-UNA, 2014)

2.2. Pozos para abastecimiento de agua

Un pozo para abastecimiento de agua es un hueco profundizado en la tierra para interceptar acuíferos o mantos de aguas subterráneas (Bellido, 2004).

2.2.1. Clasificación de los pozos

Los pozos se clasifican en cinco tipos de acuerdo con el método de

construcción (Bellido, 2004).

2.2.1.1. Pozo excavado

Aquel que se construye por medio de picos, palas, etc., o equipo para excavación como cucharones de arena. Son de poca profundidad y se usan donde el nivel freático se encuentra muy cercano a la superficie. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

2.2.1.2. Pozo taladrado

Aquel en que la excavación se hace por medio de taladros rotatorios, ya sean manuales o impulsados por fuerza motriz. Su principal ventaja es que pueden construirse con herramientas manuales, además su gran diámetro proporciona una considerable reserva de agua dentro del pozo mismo.

2.2.1.3. Pozo a chorro

Aquel en que la excavación se hace mediante un chorro de agua a alta velocidad. El chorro afloja el material sobre el cual actúa y lo hace rebalsar fuera del hueco.

2.2.1.4. Pozo clavado

Aquel que se construye clavando una rejilla con punta, llamada puntera. A medida que esta se calva en el terreno, se agregan tubos o secciones de tubos enroscados. Son de pequeño diámetro (Bellido, 2004)

2.2.1.5. Pozo perforado

La excavación se hace mediante sistemas de percusión o rotación. El material cortado se extrae del hueco con un achicador, mediante presión hidráulica, o con alguna herramienta hueca de perforar, etc. (Chico, 1977)

Cada tipo de pozo tiene sus ventajas particulares, que pueden ser, la facilidad de construcción, tipo de equipo requerido, capacidad de almacenamiento, facilidad de penetración o facilidad de protección contra la contaminación (Chico, 1977)

2.3. Métodos de perforación de pozos

Una perforación es un hueco que se hace en la tierra, atravesando diferentes estratos, entre los que puede haber unos acuíferos y otros no acuíferos; unos consolidados y otros no consolidados. Cada formación requiere un sistema de perforación determinado, por lo que a veces un mismo pozo que pasa por estratos diferentes obliga a usar técnicas diferentes en cada uno de los estratos (Bellido, 2004)

Una misma perforación puede atravesar varios acuíferos, por lo que es conveniente valorar cada uno de ellos para definir cuáles deben ser aprovechados a la hora de terminar el pozo.

La determinación de si una formación es acuífera o no, así como de su permeabilidad, se hace con base en las muestras que el perforador obtiene durante el transcurso de la perforación; de aquí la gran importancia que tiene realizar un buen muestreo.

Existen métodos mecanizados y manuales para perforar pozos, pero todos se basan en dos modalidades: percusión y rotación. Así mismo, se emplea una combinación de ambas modalidades (Bellido, 2004).

2.3.1. Perforación por percusión

La gente de la antigua China perforaba hace 1000 años, pozos de hasta 900 m de profundidad para explotar sal. Con un hierro pesado de la forma de una pera golpearon constantemente las rocas a perforar. Un poco de agua en el fondo del pozo se mezclaba con el polvo de roca y se extraía con baldes de tubo (Bellido, 2004)

El método se basa en la caída libre de un peso en sucesión de golpes rítmicos dados contra el fondo del pozo (Bellido, 2004).

Las partes típicas de un equipo motorizado de perforación a percusión son:

- Tren de rodaje

Estos equipos vienen generalmente montados sobre un chasis de acero sobre cuatro ruedas con neumáticos, pero también las hay motadas sobre un camión.

- Bastidor

Es una caja de ángulos de acero y brazos articulados en donde se ubican las piezas vitales de la perforadora y soporta además a la torre.

- Mástil o Torre

Generalmente son de tipo telescópica y viene en dos tramos de 36 pies cuando está extendida y 22 pies cuando está recogida, con sus respectivos dispositivos de extensión. El largo de la torre está en función con la sarta de perforación.

- Tiro de remolque

Es el mecanismo que va unido al tren de rodaje de la perforadora.

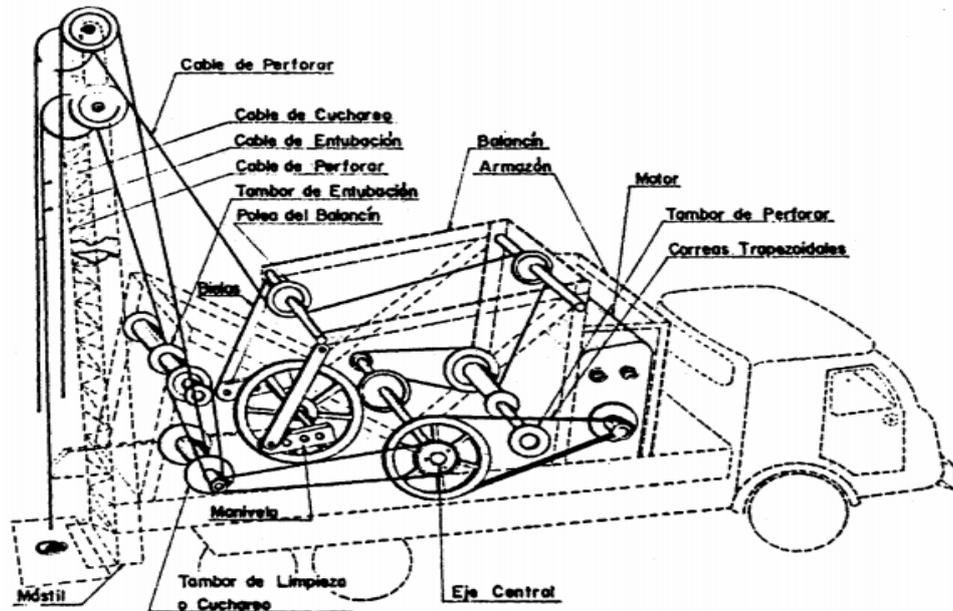
- Motor

Para poder accionar todo el equipo de perforación se necesita un motor ya sea a combustión interna o con energía eléctrica como en el caso de algunos equipos soviéticos (Bellido, 2004)

- **Percusión a cable**

Prácticamente no se utiliza en ambientes con cobertura de sedimentos, debido a la lentitud en el avance y a la necesidad de emplear varios diámetros de cañería (entubamiento telescópico), cuando se superan 80 o 100 m de profundidad. Otra

desventaja de la percusión a cable, es lo dificultoso que resulta la extracción de cañerías temporarias de encamisado, maniobra que requiere en muchos casos el empleo de criques de alta capacidad de tiraje. (Auge M. , 2005)



Componentes de un equipo de perforación por percusión a cable.

Figura 1. Componentes de un equipo de perforación por percusión a cable (Auge, 2005).

En la figura 1 se esquematizan los componentes esenciales de un equipo de perforación a cable.

Las mayores ventajas de este sistema respecto al de rotación con circulación directa son:

- Permite un muestreo más representativo de la litología y de los acuíferos.
- Evita el daño por invasión en las capas productivas porque no utiliza aditivos para la inyección. Se lo emplea en ambientes geológicos formados por rocas resistentes y/o rodados cementados o sueltos, pero últimamente fue cediendo ante el sistema de rotopercusión que permite un avance mucho más rápido. (Auge, 2005)

- **Rotopercusión**

Este sistema combina los principios de la rotación y la percusión. El más utilizado es el que emplea aire como fluido de inyección, para lo que requiere de un potente compresor, que también acciona un martillo de fondo. El aire se inyecta por dentro de las barras y después de salir por los orificios del trépano, asciende por el espacio anular, siguiendo el mismo trayecto que la inyección por rotación con circulación directa y arrastrando a la superficie el material triturado por el trépano. La mayor ventaja de este sistema es la rapidez con que avanza en roca y en terrenos formados por rodados de gran tamaño y en terrenos arcillosos muy compactos. (Auge, 2005)

Las Ventajas son:

- La rapidez de la perforación no se requiere mucha cantidad de agua durante la perforación
- Se detectan fácilmente materiales que poseen caudal de agua durante la penetración de las barras
- Se puede medir el caudal del agua durante la perforación
- Facilita reconocer las distintas formaciones durante la perforación

Las desventajas son:

- Requiere grandes y costosos compresores.
- El muestreo litológico es muy poco representativo.
- Su alcance está limitado por la columna de agua dentro del pozo.

La figura 3 es una fotografía de un equipo de roto percusión, que también posee una bomba para la inyección de líquido, en caso de ser necesario

Riesgo que se presentan durante la Perforación Roto percusión

- Daños auditivos por falta de uso de tapones de oído por pulsión sonora que produce los compresores

- Daños oculares por la falta de uso de lentes que pueden producir las muestras expulsadas por la inyección del aire del compresor
- Daños en extremidades superiores e inferiores que ocasionan las barras por falta de uso de guantes y botas con puntas de aceros
- Daños que sufren por falta de uso de caretas cuando utilizan soldaduras que se utilizan en tubos de maniobras de acero
- Desprendimiento de las mangueras de los compresores que pueden ocasionar la muerte . (Auge, 2005)

2.3.2. Perforación por rotación

Estos equipos se caracterizan porque trabajan girando o rotando la broca, trícono o trépano perforador (Bellido, 2004)

El sentido de la rotación debe ser el mismo usado para la unión o enrosque de las piezas que constituyen la sarta de perforación. Todas las brocas, trépanos o tríconos, son diseñados para cortar, triturar o voltear las distintas formaciones que pueden encontrarse a su paso. Estas herramientas son diseñadas para cada tipo de formación o terreno (Bellido, 2004).

El sistema de rotación por circulación directa es el más difundido y empleado, tanto en perforaciones para agua, como en las petrolíferas. Su mayor ventaja radica en la velocidad de avance. Al respecto, en terrenos relativamente blandos, una perforación de pequeño diámetro (6") puede avanzar hasta 80 - 100 m por día; mientras que con un equipo petrolífero y en diámetro, de hasta 20", se alcanzan sin mayor problema los 300 m/día (Auge, 2005).

Uno de los mayores inconvenientes que presenta la rotación con circulación directa, es la falta de representatividad de las muestras litológicas que se colectan en boca de pozo (cutting) y que son llevadas en forma ascendente por la inyección. A esta falencia se agregan la falta de representatividad en la identificación de capas acuíferas, dado que el pozo está lleno de agua durante la perforación y, la invasión y

daño que puede producir la inyección en horizontes productivos. En la figura 1 se esquematizan los componentes principales y el sentido del flujo en una perforación rotativa con circulación directa (Auge, 2005).

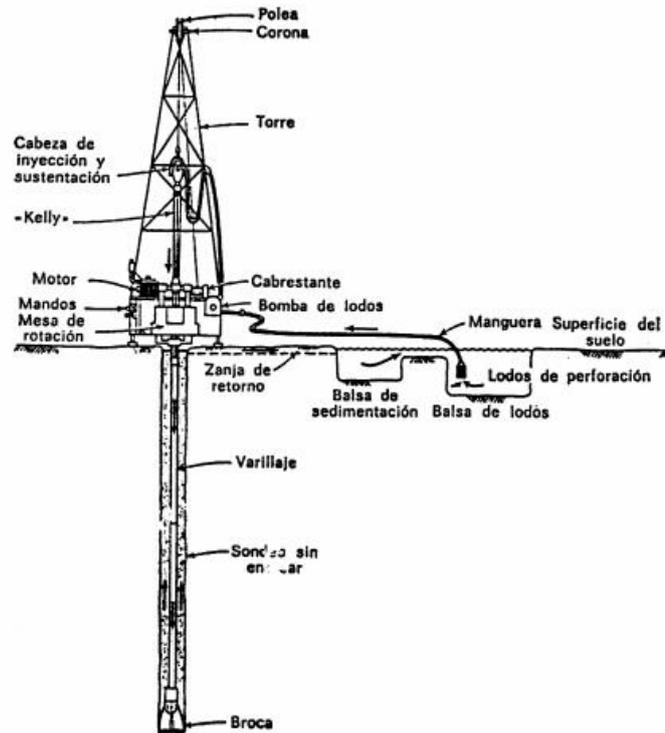


Figura 2. Equipo de perforación rotativa con circulación directa. Componentes y flujo de inyección. (Auge, 2005)

- **Riesgo que se presentan durante la perforación**
- Desprendimiento de las barras de la máquina perforadora
- Caída de Personal en las piletas de Bentonitas ya que en ocasiones el espacio para perforación es muy reducido
- Atascamiento de las extremidades superiores en la bomba de lodo durante el agregado de las bentonitas (Auge, 2005).

El sistema por circulación inversa es menos empleado que el anterior, pese a que para profundidades someras (menos de 100 m) posee ventajas apreciables respecto a la circulación directa. En la rotación con circulación inversa, el sentido del flujo de la inyección es contrario al de la circulación directa. En el primero, el cutting

asciende por aspiración y retorna al pozo por gravedad, a través del espacio anular (Auge, 2005).

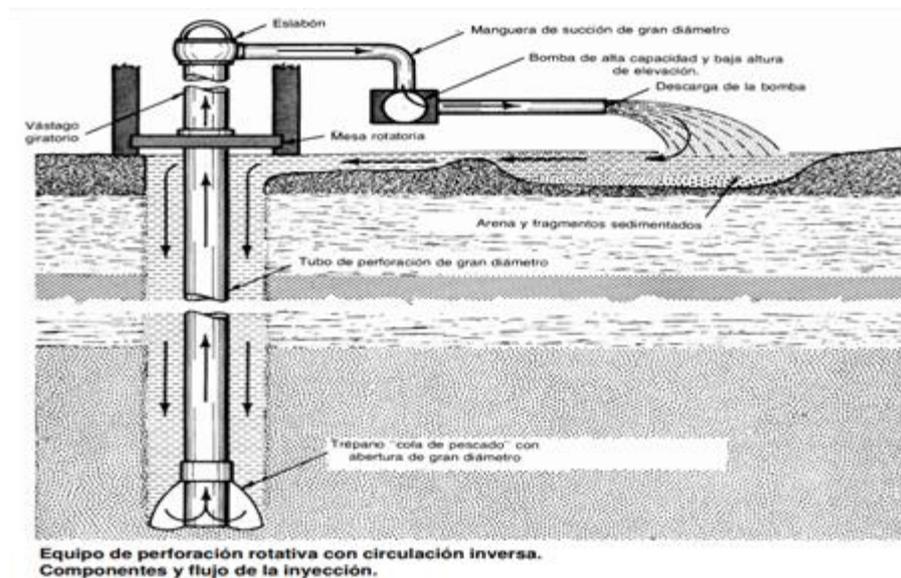


Figura 3. Equipo de perforación rotativa con circulación inversa. Componentes y flujo de inyección. (Auge,2005).

La circulación inversa requiere de barras de mayor diámetro, 3" como mínimo, y de un volumen de agua significativamente mayor en el circuito de inyección (al menos 40 m³/h) para permitir la extracción del material perforado (cutting). Las ventajas más significativas respecto a la circulación directa son:

- El muestreo litológico es mucho más representativo.
- Normalmente no requiere el agregado de aditivos a la inyección (bentonita, polímeros orgánicos).
- Permite la construcción de pozos de diámetros mayores (20 a 30") (Auge, 2005).

El trabajo de perforación se realiza mediante la ayuda del lodo de perforación el cual desempeña las siguientes funciones: evita el calentamiento de las herramientas durante la operación, transporta en suspensión el material resultante de la perforación hacia la superficie del terreno y finalmente formar una película

protectora en las paredes del pozo para de esta manera impedir el desmoronamiento o el derrumbe del pozo (Bellido, 2004)

Un equipo de perforación por rotación motorizado típico, tiene las siguientes partes:

- Mesa de rotación

Su función es la de recibir la fuerza necesaria del motor para poder girar la sarta de perforación.

Estas mesas pueden ser accionadas por acople directo o por engranajes y son redondas con tamaño de acuerdo con la magnitud del equipo de perforación. En el centro lleva una abertura que puede ser cuadrada o hexagonal por la que pasa la barra giratoria llamada Kelly.

- Barra giratoria o Kelly (Bellido, 2004)

Es una barra generalmente cuadrada de 4" de lado y que pasa por el centro de la mesa rotatoria y recibe de esta el necesario movimiento giratorio para poder perforar.

El extremo inferior se acopla a las brocas y el extremo superior al eslabón giratorio llamado Swivel que lo soporta juntamente con toda la sarta de perforación.

La barra es de acero de alta dureza y es hueca por el centro (2"), para de esta manera permitir el paso del lodo de perforación hidráulico.

El Kelly puede subir, bajar o detenerse cuantas veces lo desee el perforador mediante el accionamiento de los controles respectivos.

- Swivel o eslabón giratorio

Es un mecanismo que va acoplado a la parte superior del Kelly, es una pieza hueca en el centro. Aquí se acopla la manguera que viene desde la bomba de lodos.

- Drill pipe o tubería liviana de perforación

Tubería construida con acero especial y se usa agregándose cada vez que se introduce el Kelly totalmente en el pozo y vuelve a sacarse, ya que de esta manera ha dejado el espacio disponible para la tubería.

- Drill collars o tubería pesada de perforación

También conocida como Botellas o Sobrepeso. Son tubos de 6" ó más y de 10' a 20' de largo y con un peso de 500 a 700 Kg. Su finalidad es aumentar el peso de la sarta de perforación y conseguir fácilmente el corte con los triconos (Bellido, 2004)

- Triconos o brocas de perforación

Las brocas tienen la función de desagregación de las rocas durante la perforación de un pozo. Existe una amplia gama de triconos y cada uno está diseñado para determinadas desagregar rocas con determinadas características mecánicas y abrasivas.

- Bomba de lodos

Su función principal es tomar el lodo de perforación de la fosa de lodos y llevarla por la manguera hacia el Kelly y al fondo del pozo.

El lodo asciende a la superficie llevando en suspensión el detritus de la perforación. Por un canal pasa al pozo de sedimentación donde se depositan por su propio peso partículas grandes y pesadas, arena, etc.

Del pozo de sedimentación el agua con menos material en suspensión pasa por medio de otro canal hacia el pozo principal donde nuevamente es bombeado al pozo, cerrando en ciclo (Bellido, 2004).

- Motor

Pueden ir acoplados al chasis del remolque o puede usarse el mismo motor del camión del equipo de perforación. La potencia depende de la magnitud del equipo de perforación.

La principal ventaja de este método es que es más rápido que el método a percusión (Bellido, 2004)

2.4. Equipo de perforación manual

2.4.1. Antecedentes

Existen diversos métodos de perforación manual, la mayoría de los cuales son por percusión. Entre ellos tenemos: (Bellido, 2004).

- Pala vizcacha

Es el modelo clásico manual para perforar pozos. Se perfora sin la inyección de líquidos, solamente escarbando en la tierra dando vuelta la broca mediante la manija. Una vez llena la broca hay que sacarla y vaciarla, sacando barra por barra afuera. Por ello es muy importante que las barras estén hechas de fácil conexión.

- A golpes

Se usa en sedimentos blandos y consiste en usar tuberías de F°G° de diámetros de 1- 1/2” generalmente, y con una punta de acero que a la vez es filtro. Las piezas de tubería son de 1 a 2 m y se golpean con un combo o con aparatos

especiales hasta hundirlo en el suelo y la profundidad que se puede alcanzar con este método está en los 20 m.

Los equipos de perforación manual con equipos artesanales tienen la ventaja de ser fáciles de construir y permiten perforar pozos de más de 70 m y a bajo costo.

Las limitaciones que se presentan están relacionadas a la calidad del suelo que se quiere perforar, la presencia de rocas o raíces duras no permiten el trabajo. Se obtienen bajos caudales lo que limita mayormente su uso para abastecimiento de agua de consumo humano a nivel unifamiliar o de pequeñas comunidades.

Pese a las limitaciones de estos equipos de perforación, en las zonas rurales donde las condiciones topográficas y la disponibilidad de agua superficial de buena calidad sanitaria, no permitan otra alternativa (Bellido, 2004).

2.4.2. Equipo de perforación manual modelo CEPIS

En los países de la subregión andina se viene utilizando en forma exitosa sistemas de perforación manual de tipo artesanal; sin embargo, cuando en zonas donde el acceso juega un papel importante en cuanto a costos y modalidad de transporte, se han tenido problemas que han obligado a fabricar torres de perforación en los mismos lugares de la perforación, elevando los costos en la aplicación de esta tecnología (Bellido, 2004).

Como una manera de paliar este problema, la OPS/CEPIS en coordinación con agencias que trabajan con esta tecnología, han desarrollado modelos de torres de dos y tres cuerpos para enfrentar las dificultades presentadas (Bellido, 2004).

2.4.2.1 Aplicaciones

Las torres de perforación fueron diseñadas para las siguientes condiciones de trabajo:

- Torre de tres cuerpos

- Para zonas de difícil transporte, caso de selva y otros lugares poco accesibles donde el acarreo se realiza en pequeñas embarcaciones o mediante el empleo de cargadores.

- Ideal para terrenos areno-arcillosos, aunque no se descarta su empleo en terrenos conglomerados sin bolonería.

- Profundidades de hasta 100 m en terrenos blandos.

- Torre de dos cuerpos

- Para uso en zonas que cuentan con vehículos pequeños.

- Ideal para terrenos areno-arcillosos, aunque no se descarta su empleo en terrenos conglomerados sin bolonería.

- Profundidades de hasta 100 m en terrenos blandos (Bellido, 2004).

2.4.2.2. Características

- Diseño y construcción: Materiales disponibles en el mercado local, secciones optimizadas mediante el análisis estructural, disponibilidad de especificaciones técnicas para la construcción.
- Operación: En forma manual, fácil ensamble y desensamble haciendo uso de la herramienta auxiliar, mínimo empleo de mano de obra.
- Mantenimiento: Mínimo y reducido a la limpieza de las partes luego de la perforación, engrase de uniones y juntas de ensamble, engrase de tornillo sinfín, revisión del desgaste de brocas y de la columna de perforación (Bellido, 2004).

Ventajas: Poco peso, alrededor de 50 kg incluyendo sus accesorios, fácil de transportar, velocidad de perforación de hasta 6 m por hora, caja de herramientas ad hoc y disponibilidad de planos y especificaciones para la construcción y montaje.

Costos: Los costos de construcción de los modelos de dos y tres cuerpos, incluyendo la columna de perforación de 30 m, caja de herramientas y accesorios de ensamble y operación, ascienden respectivamente a US \$ 1000.00 y US \$ 1200.00.

Experiencias exitosas: El modelo de tres cuerpos fue probado con éxito en el departamento de Puno, Perú, con el apoyo de ADRA-PERU, lográndose perforar 22 pozos a una profundidad promedio de 25 m, alcanzándose velocidades de perforación de hasta 6 m por hora (Bellido, 2004)

2.4.2.3. Componentes

- Torre de perforación

- Dos o tres cuerpos de 1.30 m cada uno, de acero A-53
- Tres bases circulares de acero A-53
- Un ángulo L de acero A-36 (Bellido, 2004).
- Un soporte de polea, de acero A-53
- Barras con sus respectivos pernos

- Tubería de perforación

- 30 tubos de fierro galvanizado de 3/4" x 2 m de largo, roscados en un extremo y con una unión simple en el otro extremo, acondicionados con pestañas de fierro soldadas que encajan en la manija.

- Manija

- De fierro galvanizado de 1/2" x 0.50 m de largo con un dispositivo central abisagrado que permite encajar con las pestañas de los tubos de perforación, para posibilitar la acción de rotación de estos.

- Broca de perforación:

- Construida con acero A-36, con diseño de acuerdo con el tipo de terreno a perforar (Bellido, 2004)

- **Procedimiento para la perforación**

Esta tecnología de perforación de pozos se basa en dos movimientos combinados: el de perforación y el de percusión, por medio de ellos se consigue soltar la tierra del fondo y usando tubos se consigue una recirculación de agua que fluye a presión por medio de una bomba de lodos, logrando desplazar la tierra suelta del fondo del pozo en forma continua (Bellido, 2004)

a) Ubicación del pozo

Para desarrollar un proyecto de perforación de pozos es necesario predecir las características del subsuelo y de la calidad del agua a obtener, para ello debe tenerse en cuenta la siguiente información: (Bellido, 2004)

- Informes de mapas geológicos, de recursos hidráulicos y mapas topográficos.
- Informes de consultores y perforadores locales.
- Características superficiales de la zona, como corrientes de agua, manantiales y vegetación.
- Fuentes contaminantes: aguas residuales, basurales, letrinas.

Existen métodos predictivos de la existencia de recursos hídricos, tales como: (i) imágenes por satélite y fotografías aéreas, (ii) estudios de resistividad eléctrica y estudios sísmicos.

b) Montaje del equipo

- Ubicado el lugar para el pozo, se procede a realizar lo siguiente:
- Verificación de todas las partes principales y accesorios del equipo de perforación, usando una lista de chequeo.
- Ensamble e instalación de la torre de perforación.
- Construcción de las pozas de sedimentación y la poza principal donde va instalada la bomba de lodos.
- Conexión de la bomba de lodos.

Cuando el terreno superficial es muy permeable se puede revestir las pozas con plástico laminado. Se debe tener por lo menos 50 kg de arcilla para optimizar el agua densa de acuerdo con el perfil estratigráfico que estamos perforando (Bellido, 2004).

c) Pre-perforación

Dejamos caer libremente el primer tubo de la barra de perforación y la huella dejada por la punta de la broca nos indica la posición exacta del pozo.

En el punto indicado iniciamos la perforación en seco hasta llegar a unos 0,50 m. (Bellido, 2004).

Este hoyo nos permite la estabilidad inicial de la barra de perforación e iniciar con buen pie la verticalidad del pozo.

Si la naturaleza del terreno lo permite, podemos obviar esta fase de pre-perforación.

d) Perforación

Culminada la pre-perforación, se realiza el lavado del pozo, de la siguiente

manera:

Se construye el canal que une el pozo con la poza de sedimentación y la poza principal.

Se llena el pozo con agua y se le introduce la barra con la broca. Se levanta la barra unos 50 cm y se deja caer con fuerza para que la broca se clave en el fondo, se gira media vuelta y se vuelve a levantar a la misma altura. Con el impulso y el giro la broca arranca material del fondo y se disuelve con el agua inyectada. El agua densa sale a la superficie extrayendo el material disuelto, el que se deja sedimentar en la poza de sedimentación.

Cuando el manubrio llega hasta el borde superior del pozo, se procede a acoplar la siguiente barra de perforación y se repiten los pasos mencionados sucesivamente (Bellido, 2004).

Respecto al agua que se emplea en la perforación, debe tenerse en cuenta lo siguiente:

Para perforar en arcilla basta usar agua limpia, pero en suelos arenosos el agua debe ser muy densa para taponar los grandes poros de terreno arenoso y evitar pérdida de agua por infiltración, así como para dar estabilidad a las paredes del pozo a fin de evitar derrumbes al interior del pozo (Bellido, 2004)

El agua densa debe estar libre de materia orgánica, para evitar que esta se adhiera a las paredes y al descomponerse otorgue al agua un sabor desagradable. Por ello, siempre debe limpiarse el agua de la poza principal haciendo uso de la tela metálica.

Se necesita experiencia para optimizar la densidad del agua densa, pero en general mientras más arcilloso sea el suelo para perforar menos densa será y mientras más arenoso sea el suelo por perforar más densa será el agua. Es importante inyectar

el agua permanentemente porque al dejar de hacerlo en el fondo del pozo se formaría un barro duro que retiene la broca.

Si las condiciones del terreno lo permiten, debemos inyectar agua limpia al pozo a través de la barra de perforación para sacar el agua densa desde el fondo del hoyo.

Una vez que ya sale agua clara podemos retirar los tubos de la barra de perforación, tubo por tubo para evitar que caigan al fondo del pozo y se pierdan malogrando todo el esfuerzo.

Cuando llegamos al acuífero adecuado, se puede escuchar a través de la transmisión sonora de la barra metálica, el raspado áspero que hace la broca en la arena gruesa que en sus poros contiene el agua que buscamos. Debe penetrarse por lo menos 5 m en el acuífero encontrado, dando para dar por terminada la perforación del pozo (Bellido, 2004).

Los problemas comunes que se presentan en la perforación de pozos son:

- Derrumbe del pozo: Para disminuir este riesgo debe procurarse que el agua tenga una densidad adecuada.
- Rotura de las uniones de la barra de perforación: Muchas veces causa la pérdida de la barra de perforación, se puede evitar revisando siempre las uniones de los tubos y realizando buenos ajustes al momento del acople.
- Consumo excesivo del agua densa: Es posible que existan grietas en el subsuelo, por donde escapa el agua (Bellido, 2004).
- Desviación del pozo: La verticalidad de los pozos es importante, pero en nuestro caso hasta los primeros 50 m es insignificante la desviación. Además, las bombas que usan tuberías más flexibles que la de PVC utilizada para el entubado del pozo.

e) Entubado del pozo

Concluida la perforación del pozo se procede al retiro de la barra de perforación, tubo por tubo y con mucho cuidado para evitar la caída de las barras al fondo del pozo (González, 2015)

El filtro debe estar preparado previamente. En dos costados se cortan con sierra las ranuras de penetración, por las que pasará el agua desde el acuífero hacia el pozo. Es mejor usar una sierra de corte ancho para aumentar el área de filtración. Es suficiente que cada corte llegue a pasar apenas la pared del tubo.

Para que las ranuras queden alineadas, es necesario rayar primero la tubería.

El tubo del filtro lleva en la parte inferior un tapón hecho con el mismo material del entubado y debe ser en punta para facilitar la introducción en el pozo. Sobre el tubo ranurado, se coloca una manga de tela poliéster para evitar que penetre arena al pozo.

El filtro acondicionado, se hunde en la perforación. Para introducirlo es necesario empujar con fuerza, porque la tela no deja penetrar por el filtro el agua espesa que ha quedado en el hueco de la perforación. El filtro se llena con agua para disminuir el empuje ascendente.

Los tubos siguientes se van uniendo al filtro con pegamento y cuando la punta del filtro llega al fondo de la perforación, el pozo ha quedado entubado dejando 50 cm de tubo sobre la superficie del terreno.

f) Limpieza del pozo

Terminado el entubado se continúa con la limpieza del pozo para expulsar el agua espesa (Bellido, 2004).

Se inyectan aproximadamente 150 litros de agua limpia, haciendo uso de la bomba manual conectada herméticamente al tubo del pozo. Así obligamos que el agua salga por el filtro expulsando el agua espesa desde el fondo hacia la superficie, cuando el agua que sale es clara entonces el pozo ya está limpio.

Preparamos la arena gruesa, unos dos baldes de 20 litros y agregamos alrededor del tubo, llega rápidamente al fondo y cubre el espacio entre el tubo-filtro y la pared del pozo.

El agua pasará a través de la arena y el filtro hacia el pozo entubado (Bellido, 2004).

g) Activación del pozo

Transcurrido el tiempo de espera, se introduce en el pozo la manguera aspiradora.

La manguera aspiradora es un tubo de polietileno de $\frac{1}{2}$ " o $\frac{3}{4}$ " con longitud suficiente para llegar al fondo del pozo. En el extremo que se introduce al pozo tiene una manguera de retención entubado.

No conviene llenar al tope de arena alrededor del pozo por que se corre el riesgo que, desde los estratos superiores o superficie, se infiltre agua sucia hacia el agua subterránea que queremos aprovechar. Por esta razón la parte restante se rellena con arena gredosa.

Mientras baja la arena y se acomoda alrededor del filtro, pasan por lo menos 5 horas. Hasta que transcurra ese tiempo no conviene empezar el bombeo de limpieza y el ensayo del pozo.

Al inicio se introduce la manguera unos 5 m y se procede a realizar movimiento ascendente y descendente con impulso fuerte en un tramo de 50 cm, al

meter la manguera sale un buen chorro de agua. Cuanto más rápido sean los movimientos más agua sale por esta sencilla bomba.

Al principio sale el agua que se ha inyectado al lavar el pozo y es un poco clara, luego sale agua muy turbia lo que indica que el agua subterránea sale hacia el filtro arrastrando material gredoso.

Después de bombear de esta manera unos 500 litros, el agua sale ya bastante limpia, indicando que el acuífero está lavado. (Bellido, 2004).

A veces sucede que después de unos cuantos bombeos se seca el pozo. En estos casos se tapa la salida de la manguera aspiradora, se la introduce hasta la zona del filtro y se hacen los movimientos ya descritos con la mayor fuerza posible. Se repite estos movimientos unas veinte veces. Así se ejerce presiones y depresiones en el acuífero, forzando la entrada y salida de agua de la porosidad, con lo que se lava el material gredoso que obstaculiza el paso del agua hacia el pozo. Luego se destapa la salida y se bombean unos 5 litros, se repite la operación hasta que el pozo responda con agua bajo bombeo continuo.

En promedio los pozos obtenidos mediante el empleo de la tecnología de perforación manual, rinden de 1 m³ a 4 m³ por hora (0,3 a 1,1 litros por segundo). Con el pozo limpio y activado se procede a la instalación de la bomba (Bellido, 2004).

2.5. El SPT: ensayo de penetración estándar

El ensayo de penetración estándar (SPT de la siglas inglesas *Standart Penetration Test*) consiste en la hinca mediante golpeo de un útil (toma muestras o cuchara) con geometría de tubo, de 60 cm de longitud, fabricado en acero y seccionado longitudinalmente en dos mitades.

Cabe indicar que, al contrario de lo indicado para los ensayos de penetración

dinámica continua, el ensayo *SPT* cuenta con un recorrido limitado a la longitud del toma muestras (la hinca se limita a 45 cm o a 60 cm) por lo que se ejecuta en el fondo de la perforación durante la realización de un sondeo geotécnico.

El toma muestras cuenta con las siguientes dimensiones:

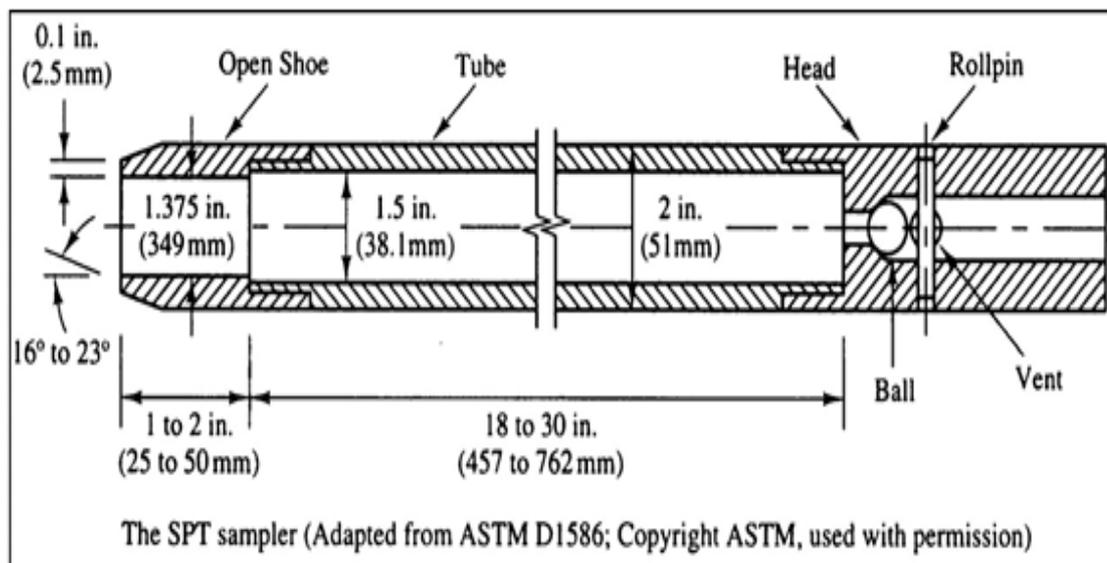


Figura 4. Dimensiones del toma muestras SPT propuesto por la norma UNE 103.800:92 (AENOR) (Auge, 2005).

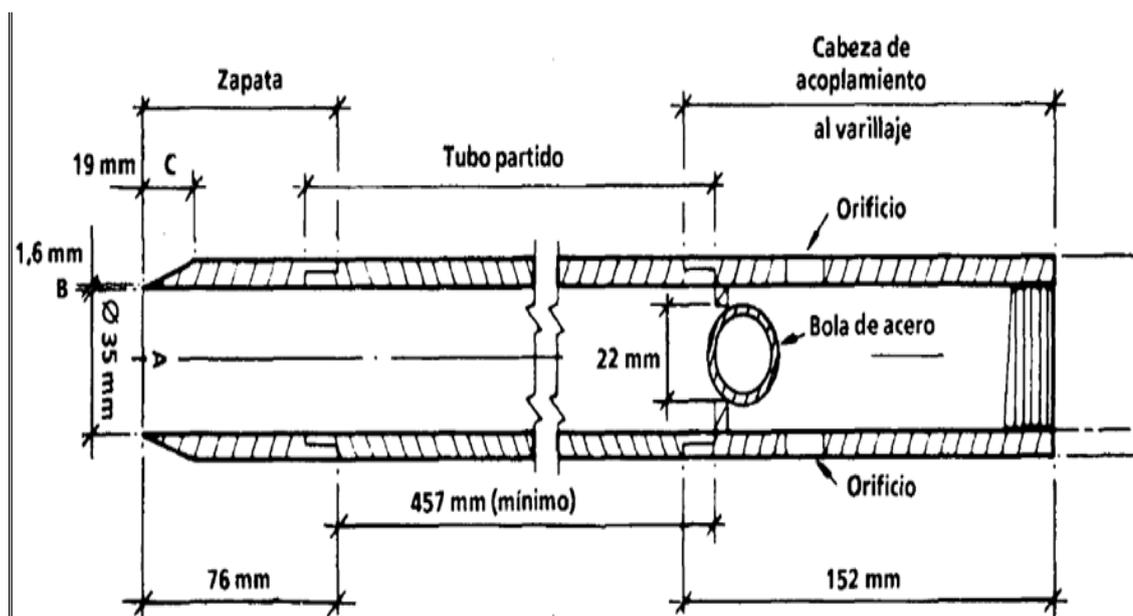


Figura 5. Dimensiones del toma muestras SPT propuesto por la norma UNE 103.800:92 (AENOR). (Auge, 2005)



Figura 6. Tomamuestras o cuchara SPT (TECSO) (Auge, 2005)



Figura 7. Despiece completo del tomamuestras SPT (MARTON GEOTECHNICAL SERVICES).

La punta ciega cónica se utiliza en el ensayo de suelos de granulometría muy gruesa (gravas) o muy duros (rocas blandas), donde resulta inviable la recuperación de muestra, o donde el toma muestras estándar puede resultar dañado.

La energía para hincar el tubo se consigue mediante una maza de 63'5 Kg que cae desde 76 cm de altura sobre un yunque, solidario al varillaje que transmite el golpe al útil, situado éste en el fondo de la perforación.

La longitud de la hincia es de 45 cm, dividiéndose en tres tramos de 15 cm, para cada uno de los cuales se determina el número de golpes necesarios. El primer conteo, correspondiente a la hincia del primer tramo de 15 cm, se desestima, pues el

fondo de la perforación puede encontrarse alterado por la ejecución del sondeo. El resultado del ensayo corresponde a la suma de los conteos de la segunda y tercera tanda (30 cm).

En algunos países es costumbre añadir un conteo adicional (otra tanda de 15 cm) hincando él toma muestras hasta los 60 cm, a fin de obtener una valoración cualitativa de la compacidad o consistencia de un tramo más del terreno, e incrementar también la cantidad de la muestra obtenida hasta el límite de capacidad de la *cuchara*.

Una vez realizado el ensayo, se recupera el tomamuestras, del cual se obtiene una muestra representativa (siempre que la granulometría del terreno sea tal que no quede falseada por el diámetro de la cuchara.)



Figura 8. Muestra obtenida de un ensayo SPT. (Auge, 2005).

La muestra obtenida de un ensayo *SPT* hincado 60 cm (generalmente no se alcanza el llenado de la cuchara, pues la resistencia de la muestra a la fricción o la adhesión de las paredes interiores de la toma muestras supera la resistencia a la penetración ciega de la punta.)

Para evitar la caída de la muestra del tubo en operaciones bajo el nivel freático por empuje del agua se coloca en la parte superior del tomamuestras una válvula de bola, que hace asiento en la cabeza del tubo e impide que el agua

descienda y presione la muestra; por encima de la bola se ubican dos agujeros por donde se expulsa el agua.



Figura 9. Dispositivo de golpeo mediante maza automática. (Auge, 2005)

Conforme a las indicaciones del Eurocódigo 7 (parte 3) para realizar un uso adecuado del valor obtenido del ensayo (NSPT o N30), el mismo debe ser corregido en función de la profundidad a la que se realiza el ensayo, de la eficiencia del dispositivo de golpeo respecto a la eficiencia estándar (estimada del 60 % de la energía cinética teórica), de la situación del nivel freático, así como de otras particularidades del procedimiento de realización. La notación habitual que designa el valor corregido de NSPT es (N1)60. (Auge, 2005)

El valor obtenido del ensayo SPT (consignado como NSPT o N30, referido a la penetración de 30 cm de suelo) permite establecer vía correlación, con mayor o menor aproximación o rigor, ciertos parámetros referidos a la resistencia o a la deformabilidad del material, a partir de correlaciones empíricas. Es corriente la estimación del ángulo de rozamiento interno, del módulo de deformación (específicamente en suelos granulares), de la resistencia al corte no

drenada en suelos cohesivos saturados (esta correlación acostumbra a tomarse con muchas reservas, y debe ser contrastada con una firme experiencia local), o de la densidad relativa (parámetro bastante en desuso, pues la calificación de la compacidad se refiere por lo común al valor directo del ensayo SPT o a la calificación cualitativa que se desprende del mismo.)

La validez de dichas correlaciones dependerá de la correspondencia entre el tipo de suelo del caso real y el considerado en el estudio que fundamenta la correlación, por lo que en todo caso deberá atenderse de forma cuidadosa a la aplicabilidad de dichas correlaciones a cada situación (Auge, 2005)

2.6. Concepto de Riesgos

García (2019) habla de Riesgo: es una medida de la magnitud de los daños frente a una situación peligrosa. El riesgo se mide asumiendo una determinada vulnerabilidad frente a cada tipo de peligro. Si bien no siempre se hace debe distinguirse adecuadamente entre peligrosidad (probabilidad de ocurrencia de un peligro), vulnerabilidad (probabilidad de ocurrencia de daños dado que se ha presentado un peligro) y riesgo (propriadamente dicho)

2.6.1. Clasificación de los Riesgos

Los riesgos se clasifican en:

- Riesgos Físicos.
- Riesgos Químicos.
- Riesgos Biológicos.
- Riesgos Ergonómicos.
- Riesgos Psicosociales

- **Riesgos Físicos**

Están constituidos por factores inherentes a las operaciones realizadas en el

puesto de trabajo y sus alrededores, producto de las instalaciones y los equipos. Incluyen ruidos, radiaciones, temperaturas extremas, presión barométrica y humedad extrema, iluminación, vibración, microondas, rayos láser, radiación infrarroja y ultravioleta, y electricidad.

- **Riesgos Químicos**

Están constituidos por todas las sustancias químicas y materiales que se encuentran en las áreas de trabajo o en sus alrededores, por cuyo contacto o exposición en concentraciones mayores de las permisibles pueden causar alteraciones en la salud. Se incluyen vapores, neblinas, gases, humos metálicos, polvos, líquidos y pastas.

- **Riesgos Biológicos**

Están relacionados con las condiciones de saneamiento básico de la empresa o de las operaciones y procesos que utilicen agentes biológicos, refiriéndose a aquellos agentes infecciosos que puede resultar un riesgo potencial para la salud personal. Incluye insectos, moho, hongos, bacterias, virus, parásitos gastrointestinales y otros agentes.

- **Riesgos Psicosociales**

Son aquellos factores psicológicos y sociales relacionados con el puesto de trabajo y que provocan tensión en el trabajador. Se deben a: trabajar bajo condiciones poco racionales; relaciones deficientes con los supervisores y otros trabajadores; y aburrimiento y poca motivación (García, 2019).

- **Riesgos Ergonómicos**

La Ergonomía es la ciencia del hombre en el trabajo y cuya preocupación fundamental es hacer la zona de interacción hombre/máquina/ambiente tan

segura, eficiente y cómoda como sea posible. Se interesa por:

- diseño del lugar de trabajo;
- posición en el trabajo;
- manejo manual de materiales;
- ciclos de trabajo/descanso
- asientos; etc.

La prevención de riesgos laborales es la disciplina que busca promover la seguridad y salud de los trabajadores mediante la identificación, evaluación y control de los peligros y riesgos asociados a un proceso productivo, además de fomentar el desarrollo de actividades y medidas necesarias para prevenir los riesgos derivados del trabajo (García, 2019).

2.6.2. Gestión de riesgos

La gestión de riesgos comprende la evaluación y administración de riesgos que constituye un proceso continuo en el cual se decide complementar la elaboración de planes de contingencia, el diseño de instalaciones o la reducción de incidentes. Las evaluaciones de riesgos pueden completarse previo a, o durante cualquier otro programa de administración de riesgos durante la perforación.

Las evaluaciones de riesgos deben iniciarse como parte de la preparación para enfrentar los peligros durante las actividades de perforación a fin de asegurar que los planes de emergencia estén dirigidos hacia las fuentes de riesgo más altas. Los programas de capacitación y los equipos de contramedidas se pueden organizar sobre la base de un entendimiento de las consecuencias de mayor trascendencia. Los programas de mantenimiento diseñados para reducir los incidentes en la perforación se pueden dirigir hacia las mayores fuentes potenciales de riesgo en estas actividades.

El marco para realizar una evaluación de riesgos por lo general consiste en cinco pasos:

- Planificar la evaluación de riesgos.
- Analizar los peligros: identificar y describir los escenarios en las actividades de perforación.
- Analizar la probabilidad de los de riesgos en las actividades de perforación.
- Analizar las consecuencias de los escenarios de riesgo en cada actividad.
- Caracterizar los riesgos de los escenarios de cada actividad.
- Administrar los riesgos

2.6.3. Métodos de estudios para el análisis de riesgos

Existen tres tipologías de métodos utilizados para determinar el nivel de riesgos de nuestro negocio. Los métodos pueden ser:

- Métodos Cualitativos
- Métodos Cuantitativos
- Métodos Semicuantitativos

- **Métodos Cualitativos**

Se pueden utilizar cuando el nivel de riesgo sea bajo y no justifica el tiempo y los recursos necesarios para hacer un análisis completo. O bien porque los datos numéricos son inadecuados para un análisis más cuantitativo que sirva de base para un análisis posterior y más detallado del riesgo global del emprendedor. Los métodos cualitativos incluyen:

- Brainstorming
- Cuestionario y entrevistas estructuradas

- Evaluación para grupos multidisciplinarios
- Juicio de especialistas y expertos (Técnica Delphi) (García, 2019).

- **Métodos Cuantitativos**

Se consideran métodos cuantitativos a aquellos que permiten asignar valores de ocurrencia a los diferentes riesgos identificados, es decir, calcular el nivel de riesgo del proyecto. Los métodos cuantitativos incluyen: (García, 2019).

- Análisis de probabilidad
- Análisis de consecuencias
- Simulación computacional

- **Métodos Semi-cuantitativos**

Se utilizan clasificaciones de palabra como alto, medio o bajo, o descripciones más detalladas de la probabilidad y la consecuencia. Estas clasificaciones se demuestran en relación con una escala apropiada para calcular el nivel de riesgo. Se debe poner atención en la escala utilizada a fin de evitar malentendidos o malas interpretaciones de los resultados del cálculo (García, 2019).

2.6.4. Evaluación de riesgos

Habiendo ya identificado y clasificados los riesgos, se realiza el análisis de estos, es decir, se estudian la posibilidad y las consecuencias de cada factor de riesgo con el fin de establecer el nivel de riesgo de nuestro proyecto.

El análisis de los riesgos determinará cuáles son los factores de riesgo que potencialmente tendrían un mayor efecto sobre nuestro proyecto y, por lo tanto, deben ser gestionados por el empleador con especial atención. La evaluación del riesgo es esencial para determinar la criticidad de la exposición a pérdidas y

asignar prioridad para la acción. Las tres variables utilizadas con mayor frecuencia en la evaluación son:

- Gravedad - Si la exposición llegara a resultar en pérdida, ¿qué tan severa sería, probablemente, dicha pérdida?
- Frecuencia - ¿Con qué frecuencia está las personas, los equipos, los materiales o el ambiente expuestos al riesgo?
- Probabilidad - Considerando todos los factores pertinentes personas, equipos, materiales, ambiente, procesos - ¿cuán probable es que ocurra la pérdida? (García, 2019).

2.6.5. Análisis de puesto de trabajo

El trabajo en torres de perforación requiere normalmente un equipo mínimo de 6 personas: El Perforador, Enganchador y tres Bocas de Pozo bajo las órdenes de un Encargado de Turno quién es el responsable del correcto avance del trabajo de perforación.

Cada uno de estos puestos de trabajo está sometido una gran variedad de riesgos a los que el personal se expone en la ejecución de sus actividades diarias. Estos riesgos pueden ser clasificados en diferentes categorías con el objetivo de entender y estudiar cada uno de ellos, sin embargo, normalmente no se realiza el mismo estudio y clasificación de los riesgos de acuerdo al puesto de trabajo (Hergesheimer, 2015).

Ahora bien, dentro de una cuadrilla de perforación una de las mayores responsabilidades de control de riesgos recae sobre el Perforador o Maquinista, ya que es la persona que maneja la máquina de perforación, monitorea constantemente los parámetros del pozo, vela por la seguridad de los ayudantes o Bocas de Pozo, y además resuelve las contingencias que se presenten durante las tareas de perforación.

Además del Equipo de Control de Pozos, el trabajo atento del Perforador puede evitar uno de los mayores riesgos en la industria de la perforación de pozos: El Descontrol de Pozo o Blow Out.

El Perforador al monitorear constantemente y seguir los procedimientos adecuados evita riesgos de surgencias mayores o descontrol de pozos que pueden llegar a presentarse durante la perforación de zonas productivas. Un descontrol de pozo podría tener consecuencias catastróficas tanto para el personal, como para el medioambiente y las instalaciones (Hergesheimer, 2015).

3. METODOLOGÍA

La investigación se encaja en los tipos cualitativo-cuantitativo, utilizando el método descriptivo retrospectivo, con la siguiente metodología:

En el trabajo de investigación se utilizó diversas fuentes de información y tipos de datos: Salidas al campo entrevistas a profundidad en la cual se incluyen preguntas cerradas y abiertas sobre las diferentes medidas de prevención contra los accidentes y mostrado por medio de gráficos cuantitativos las frecuencias de los accidentes que ocurrieron durante la perforación del PTP.

El proceso de investigación y las estrategias utilizadas se adaptan a las necesidades para verificar los procesos del mejoramiento de las condiciones de trabajo.

Se tomaron fotos del estado precario en que realizan sus labores durante la perforación, que serían los factores que conllevan a producirse accidentes durante el trabajo.

El trabajo de gabinete consistió en la recopilación y ordenamiento de la información obtenida por las encuestas realizadas dando como resultado buscar estrategias que mejoren las condiciones de trabajo para evitar accidentes según los objetivos propuestos.

3.1. Área de estudio

Los puntos que se tomaron al azar Departamentos de Paraguari, Canindeyú, Cordillera, Caazapá, San Pedro.

3.2. Universo

Operadores y Ayudantes de las perforaciones del PTP.

3.3. Muestra

Se entrevistaron en forma anónima a 36 personas que trabajaron en las perforaciones del sistema mencionado.

3.4. Unidad de análisis

Cada una de las 36 personas que trabajaron en las perforaciones del PTP de los lugares mencionados.

3.5. Muestreo

El mismo fue probabilístico, aleatorio simple.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultado de las encuestas

Se realizaron encuestas a 36 (Treinta y Seis) personas que cumplieron labor durante las perforaciones del PTP con el fin de obtener datos de los accidentes y riesgos que ocurrieron como resultado por la falta de cumplimiento de EPP (elementos de protección personales) que se perciben a simple vista.

La encuesta consta de dos secciones:

- La primera hace referencia a los accidentes ocurridos durante la perforación del PTP
- La segunda parte a las estrategias de posibles prevenciones de accidentes durante la perforación del PTP.

Los resultados obtenidos son los siguientes: en referencia a la pregunta de cuantos accidentes por perforaciones de pozos PTP ocurren, se obtuvo que el 60% dijo que ocurren 2 accidentes y el otro 40 % dijo que ocurren 1 accidente, tal como se puede observar en la figura 10.

Estadística de accidentes por pozos PTP
Ocurren 2 accidentes por cada pozo que realiza
Ocurre 1 casi accidente por cada pozo que se realiza

Figura 10. Número de accidentes

En referencia a la continuidad laboral, la mayoría no respondió 47,2% (17 personas), el 30,5 % (11 personas) respondió que no y respondieron con si 8 personas representando el 22,2 %. Estos resultados pueden observarse en la figura n° 11.

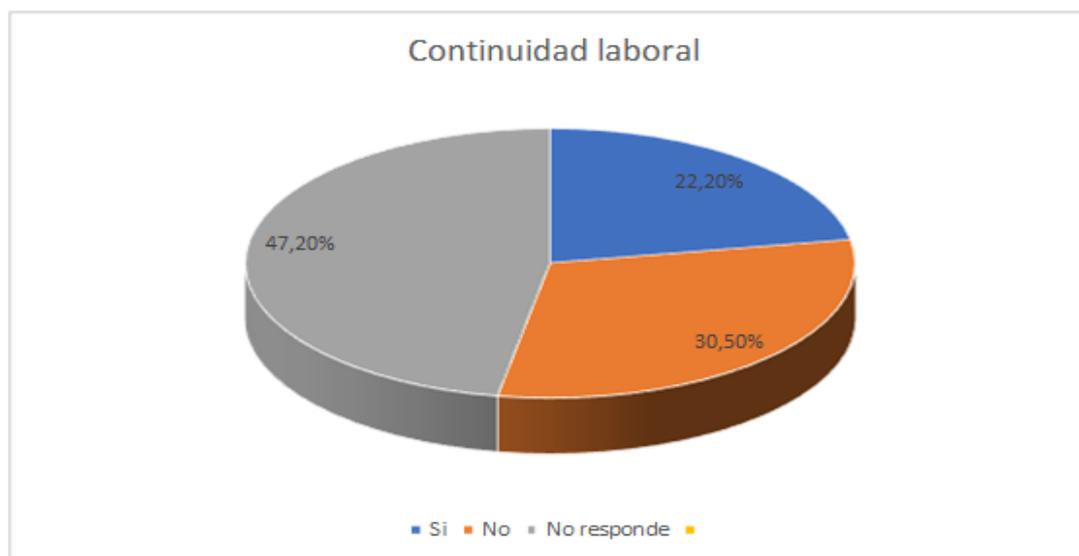


Figura 11. Datos recabados acerca de la continuidad laboral

En la figura n° 12 se pueden observar los porcentajes referentes a la pregunta de si han tenido algún accidente en una perforación de pozos. La mayoría 47,22% (17 personas) respondieron que no, seguido de 41,67% (15 personas) que respondieron que sí y un último porcentaje 11,11% refirió que tuvieron casi accidente.

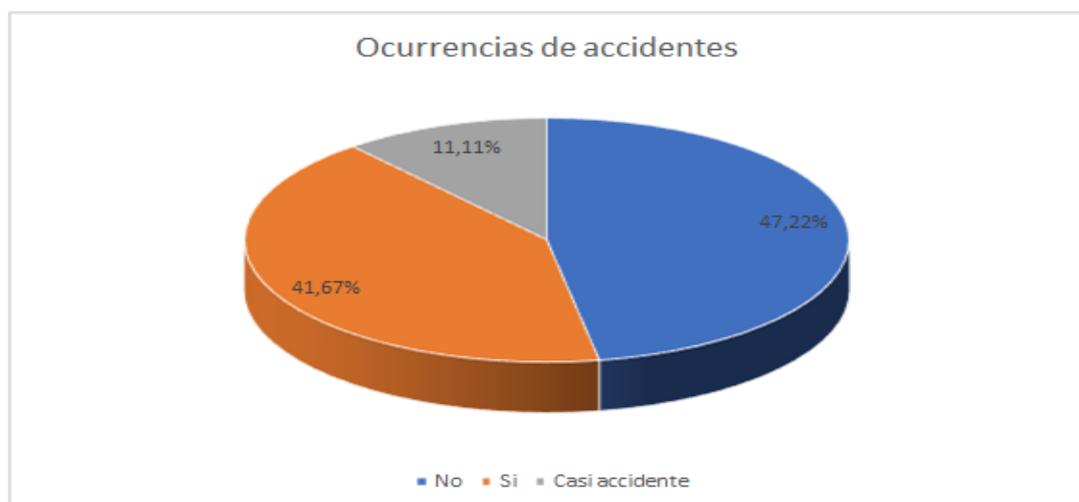


Figura 12. Datos recabados acerca de si han tenido algún accidente laboral.

En la figura n° 13 se puede observar los resultados de la encuesta referente a los tipos de accidentes que ocurren, teniendo así en primer lugar al desmoronamiento, a continuación se tienen los siguientes: Amputación de dedos, aplastamiento de manos, corte de dedos y golpe en la cabeza en un mismo porcentaje, luego están: Aplastamiento de dedos, aplastamiento de pies, atropellamiento de vehículos, deshidratación/insolación, fractura de dedos, fractura en la cabeza, fractura en las extremidades inferiores, quemadura de rostro.

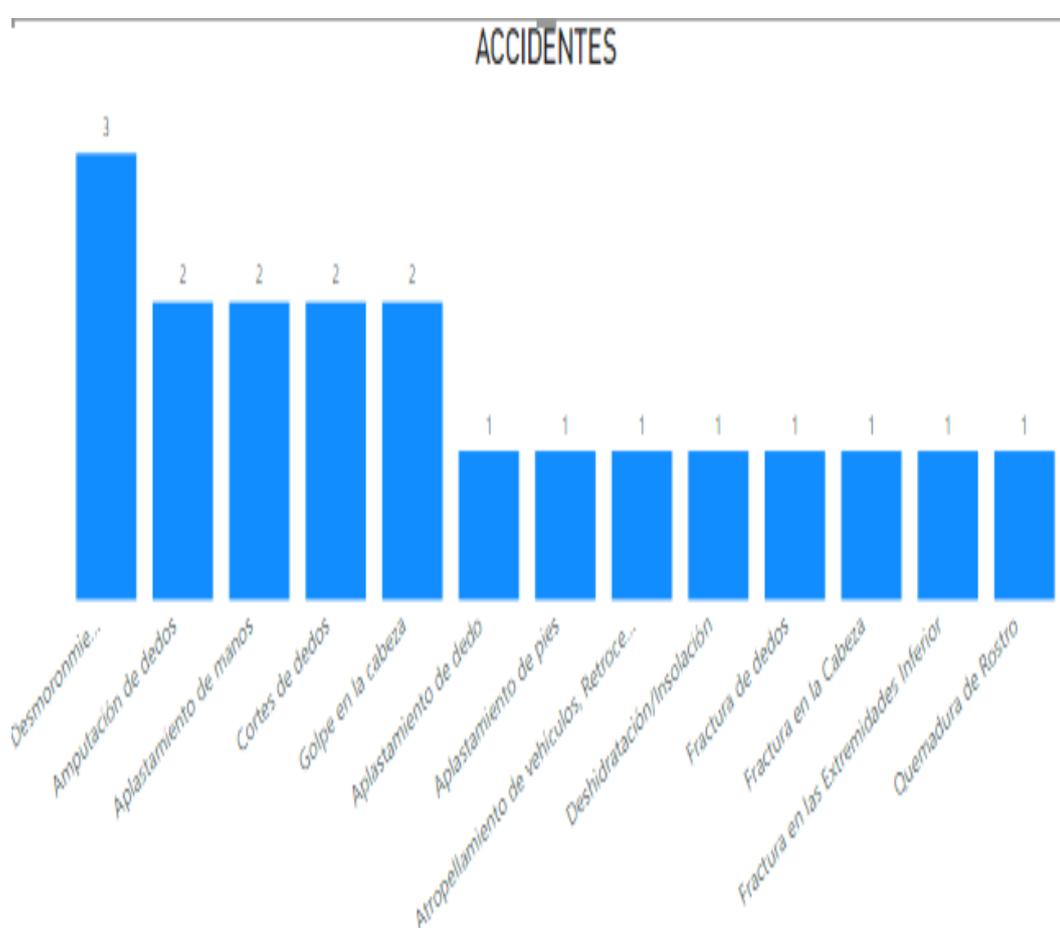


Figura 13. Datos recabados referentes a los tipos de accidentes.

En la figura n° 14 se expresan los resultados referente a la prevención, en donde el mayor porcentaje de encuestados refirió el uso adecuado de EPP (Elementos de protección personal) y la capacitación, seguidamente el uso adecuado de EPP, la evaluación de riesgo, capacitación de personal y por último la existencia de un encargado de seguridad.

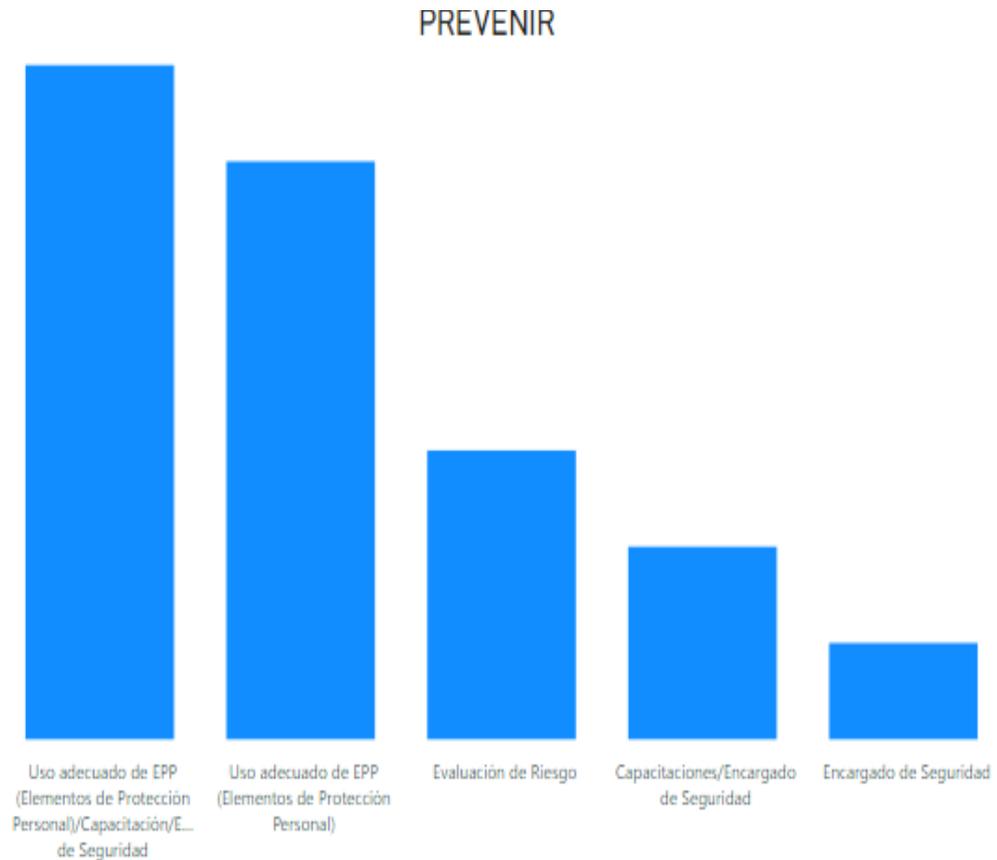


Figura 14. Datos recabados referentes a la prevención de accidentes.

4.2. Discusión

Primeramente, se abordó el porcentaje de encuestados que manifestaron la ocurrencia de accidentes en perforaciones de pozos, siendo el mayor porcentaje de dos accidentes cada perforación. Esto puede obedecer a la falta de control de riesgos por parte de las empresas y a la falta de preparación del personal (figura 10).

En el figura n° 11 se pudo observar el resultado de la continuidad laboral, en donde la mayoría dijo que no continuaría, lo cual se hace evidente, ya que ningún trabajador quiere exponer su vida en riesgos laborales. La Ley 213/93, que establece el Código del Trabajo, menciona también sobre la obligación de evaluar los riesgos y planificar las medidas que deben utilizarse contra los mismos.

En la figura n° 12 se observa que la mayoría de los encuestados no sufrió accidentes laborales, pero cabe destacar que la diferencia numérica entre los que si sufrieron no es amplia. Por lo cual se considera que la existencia de accidentes laborales en las perforaciones de pozos es relevante.

En la figura n° 13 se observan los porcentajes de los tipos de accidentes que ocurren, siendo lo de mayor porcentaje: Amputación de dedos, aplastamiento de manos, corte de dedos y golpe en la cabeza. Estos accidentes pueden ocurrir por la falta de los equipamientos de protección personal, como ser guantes, cascos; como así también la falta de cuidados y de una persona encargada de prever esos accidentes. Hergesheimer (2015) menciona que los siguientes son factores de riesgo aceptables en la perforación de pozos petroleros: riesgos físicos: suelo resbaladizo o desigual, trabajo en altura, zócalos, barandas o protecciones inadecuadas de escaleras, espacio de trabajo inadecuado, ergonomía inadecuada (diseño del lugar de trabajo inadecuado), manipulación manual de cargas, manipulación de cargas con vehículos, atrapamiento, enredos, quemaduras, y otros peligros que surgen de los equipos, peligros durante el transporte de personal fuera y dentro de planta, Incendio y explosiones, entorno térmico inapropiado que pueda conducir a hipotermia o golpe de calor, violencia hacia los empleados dando lugar a daños físicos. Y los riesgos químicos: Inhalación de vapores, gases o partículas, contacto con el cuerpo o absorción de agente químico (salpicaduras), sustancias cuya ingestión pueda causar daño (es decir, ingresando al cuerpo por la boca), almacenamiento, incompatibilidad o degradación de los materiales.

García (2019) menciona como peligros en la actividad de perforación los siguientes: accidentes debido a peligros asociados a trabajos nocturnos, activación de la escopeta antes de la profundidad objetivo, agarre de tubería (pega diferencial), pega de las herramientas de wireline en el hoyo, pega de casing antes de llegar a fondo, almacenamiento de químicos (gases presurizados e inflamables) cerca de fuentes de calor (quemadores, etc.) con riesgo asociado de incendio, alta presión en mangueras, armado de BHA de Limpieza, arremetida de pozo durante sacado de la

sarta de prueba, arremetida durante corrida de ensamblaje de completación entre otros.

En referencia a la figura 14, se puede decir que en cuanto a la prevención el mayor porcentaje de encuestados mencionó el uso de equipamiento de protección personal y la capacitación. Esto puede deberse a que los funcionarios no reciben los equipos de protección personal correspondiente al ser contratados para realizar los trabajos, de igual manera se denota la falta de capacitación en lo que es la bioseguridad laboral.

Finalizado el presente trabajo de investigación se concluyó lo siguiente: ocurren 2 accidentes por pozo cada vez que se realiza. En referencia a la continuidad laboral, la mayoría respondió que no continuaría, representando de esta manera el 57,89%. Referente a la pregunta de si han tenido algún accidente en una perforación de pozos la mayoría 47,22% (17 personas) respondieron que no. Los resultados de la encuesta referente a los tipos de accidentes que ocurren, teniendo así en primer lugar al desmoronamiento, a continuación se tienen los siguientes: Amputación de dedos, aplastamiento de manos, corte de dedos y golpe en la cabeza en un mismo porcentaje, luego están: Aplastamiento de dedos, aplastamiento de pies, atropellamiento de vehículos, deshidratación/insolación, fractura de dedos, fractura en la cabeza, fractura en las extremidades inferiores, quemadura de rostro. Los resultados referentes a la prevención, en donde el mayor porcentaje de encuestados refirió el uso adecuado de EPP (Elementos de protección personal) y la capacitación, seguidamente el uso adecuado de EPP, la evaluación de riesgo, capacitación de personal y por último la existencia de un encargado de seguridad.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En relación con el primer objetivo sobre el riesgo a que están expuestos los trabajadores al realizar las actividades propias de la perforación, hemos visto que el riesgo es muy alto (más de la mitad de los entrevistados) y que han tenido más de un accidente, razón por el cual tienden a desertar del trabajo, perdiendo su capacidad física e incluso su experiencia en el ramo.
- Con relación al segundo objetivo, referente a realizar recomendaciones de control de riesgo en la perforación de pozos con el sistema PTP para la prevención de accidentes, según los resultados obtenidos se pudieron realizar las recomendaciones pertinentes para el control de riesgo en la perforación de pozos con el sistema PTP, ya que se denotaron muchas falencias en el sentido de la prevención.

5.2. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se pueden emitir las siguientes recomendaciones:

- Proveer y hacer obligatorio el uso de los elementos de protección personal.
- Implementar un controlador de riesgos
- Ofrecer capacitación a los funcionarios en cuanto al manejo de las maquinarias y los posibles accidentes que puedan provocarse con el mal uso de las mismas.
- Contar con un lugar para brindar primeros auxilios en caso de accidentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUGE, M. (2005). Perforaciones hidrogeológicas. Pilar, Argentina: FCEN-UBA. 78 p.
2. BACN (Biblioteca y archivo central del Congreso de la Nación). (2014). Ley N° 213 / Establece el código del trabajo (en línea). Asunción, Paraguay. Consultado 13 de oct. 2020. Disponible en <https://www.bacn.gov.py/leyes-paraguayas/2608/ley-n-213-establece-el-codigo-del-trabajo>
3. BELLIDO, A. (2004). Manual de perforación manual de pozos y equipamiento con bombas manuales. OPS: Lima, Perú. 33 p.
4. CALLIZO, M. D. P. (2015). Prevención de riesgos laborales en Paraguay: Principales consideraciones. Revista de la Facultad de Derecho, (39), 2-2.
5. CHICO, J. (1977). Manual de pozos rasos. OPS-OMS. 179 p.
6. FACULTAD POLITÉCNICA-UNA. (2014). Planes académicos (en línea). San Lorenzo, Paraguay. Consultado 1 dic. 2020. Disponible en https://www.pol.una.py/archivos/postgrado/mseguridad_higiene/triptico_msh1.pdf
7. GARCÍA NAVARRO, S. F. (2019). Gestión de la seguridad durante la perforación de pozos en el norte del Perú. Piura, Perú: Universidad Nacional de Piura. 193 p.
8. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, O. R. (2015). Sistemas de agua potable y perforación de pozos mecánicos en arquitectura (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
9. HERGESHEIMER ELIAS, J. (2015). Gestión de seguridad para la prevención de riesgos en equipos de perforación de pozos petroleros. Mar del Plata, Argentina: Universidad FASTA. 243 p.
10. MORENO RODRÍGUEZ Alcalá, R. (2002). ¿Quién responde?. Asunción: La Ley. 357 p.

11. QUINTANILLA, E.; GAMBOA, H.; VARGAS, J.; CLASING, O.; URZÚA, G.; ABARCA, E. (2011). Manual de procedimientos para la gestión de prevención de riesgos. Chile: Universidad de Chile. 43 p.
12. TALAVERA, J. (2019). Antecedentes y fundamentos. Postgrado en seguridad e higiene laboral (en línea). San Lorenzo, Paraguay. Consultado 13 de oct. 2020. Disponible en <https://www.pol.una.py/?q=node/514>

ANEXOS

A1. Decreto 14390/92, por el cual se aprueba el Reglamento General Técnico de Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo, establece que:

En todo lugar de trabajo se establecerá un programa de Salud Ocupacional, dentro del cual se efectuarán actividades destinadas a prevenir los accidentes y las enfermedades relacionadas con el trabajo.

El desarrollo de estos trabajos precisa profesionales formados en el ámbito de la seguridad e higiene.

Ampliando lo anteriormente señalado, el Decreto 14390/92 dispone que todo establecimiento donde trabajen ciento cincuenta o más trabajadores, incluyendo los que desarrollan tareas administrativas, debe organizar y mantener servicios de Seguridad del Trabajo, de Higiene Industrial y Medicina del Trabajo. En el caso de los establecimientos que cuenten con menos de ciento cincuenta trabajadores, incluyendo los que desarrollan tareas administrativas, éstos, deben solicitar los servicios especializados externos de Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo.

Este Decreto también señala sobre la finalidad de estos Servicios de Seguridad e Higiene, estableciendo sus funciones:

Servicio de Seguridad:

1. El estudio de lo relativo a la seguridad de la empresa, desde el proyecto hasta el funcionamiento, con miras a solucionar todo lo relacionado a los equipos y a los problemas de Seguridad del Trabajo.
2. Asesorar en asuntos de Seguridad del Trabajo a los diversos organismos de la empresa.
3. Proponer normas y reglamentos internos de Seguridad del Trabajo.
4. Enviar relatorios periódicos a los diversos sectores de la empresa, comunicando la existencia de riesgos, los accidentes ocurridos y las medidas aconsejables para la prevención de accidentes de trabajo.

5. Elaborar relatorios de las actividades de Seguridad del Trabajo.
6. Examinar proyectos de obras, instalaciones industriales y equipos, opinando desde el punto de vista de la Seguridad del Trabajo.
7. Indicar específicamente los equipos de seguridad a ser utilizados en la empresa, inclusive los de protección personal, verificando su calidad.
8. Estudiar e implementar sistemas de protección contra incendios y elaborar planes de control de catástrofes.
9. Analizar acciones, investigando su origen y sus causas proponiendo medidas de prevención de estos.
10. Mantener catastros y analizar estadísticas de los accidentes ocurridos, con el objeto de orientar la prevención y calcular los costos.

11. Elaborar y ejecutar planes o programas y entrenamiento “general” en materia de Seguridad en el Trabajo.

12. Elaborar, organizar y ejecutar planes o programas de entrenamiento “específico” de Seguridad del Trabajo.

13. Llevar a la práctica y divulgar asuntos relativos a la Seguridad del Trabajo.
14. Relacionarse con los organismos de aprovisionamiento de la empresa, en la especificación de materiales y equipos cuyo manipuleo, almacenamiento o funcionamiento está sujeto a riesgos.

15. Relacionarse estrechamente con los Servicios de Higiene y Medicina del Trabajo de la empresa para el estudio de problemas comunes, sobre todo para el entrenamiento y el suministro de requisitos de aptitud para el ejercicio de parte de los obreros.
16. Establecer ante el empleador la necesidad de observancia de las Normas de Seguridad establecidas por las Leyes y Reglamentaciones en las distintas actividades que se cumplen.
17. Inspeccionar periódicamente las áreas de trabajo y equipos de la empresa, desde el punto de vista de la Seguridad en el Trabajo.

18. Relacionarse y mantener intercambio con entidades, tanto públicas como privadas, ligadas a los problemas de Seguridad en el Trabajo.
19. Inspeccionar y asegurar el funcionamiento y la utilización de los equipos de seguridad.
20. Organizar y supervisar las brigadas de lucha contra el incendio y el salvamento.
21. Promover el mantenimiento rutinario, distribución, instalación y control de los equipos de protección contra incendios.
22. Colaborar con las autoridades oficiales en materia de Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo.
23. Organizar y supervisar las comisiones internas de prevención de Accidentes (CIPA).
24. Representar a la empresa en actividades que tengan relación con Seguridad del Trabajo

Servicio de Higiene:

1. El estudio de lo relativo a higiene en la industria en cuanto a condiciones y medio ambiente de trabajo se refiere.
2. Solicitar a la autoridad competente, la toma de muestra del medio ambiente en donde el trabajador desempeña su actividad laboral.
3. Realizar seguimiento del análisis de muestras de agentes químicos y/o biológicos.
4. Realizar mediciones de agentes físicos presentes en los puestos laborales.
5. Evaluar las condiciones de trabajo e informar a la autoridad competente y a su superior inmediato.
6. Sugerir medidas correctoras a tomar para el mejoramiento de las condiciones y del medio ambiente de trabajo.
7. Asesorar en asuntos de Higiene del Trabajo a los diversos organismos de la empresa.
8. Proponer normas y reglamentos internos de Higiene del Trabajo.

9. Enviar relatorios periódicos a los diversos sectores de la empresa comunicando la existencia del riesgo, enfermedades profesionales ocurridas y medidas aconsejables para la prevención de enfermedades profesionales.
10. Elaborar relatorio de actividades de Higiene del Trabajo.
11. Relacionarse estrechamente con el servicio de Seguridad del Trabajo y Medicina del Trabajo de la empresa para el estudio de problemas comunes.
12. Inspeccionar periódicamente las áreas de trabajo y equipos de la empresa, desde el punto de vista de la Higiene del Trabajo.

13. Relacionarse y mantener intercambios con entidades, tanto públicas como privadas, ligadas a los problemas de higiene del Trabajo.
14. Colaborar con las autoridades oficiales en materia de Seguridad, Higiene y Medicina del Trabajo.
15. Orientar a la Comisión Interna de Prevención de Accidentes (CIPA) en los aspectos de Higiene del Trabajo.
16. Representar a la empresa en actividades que tengan relación con la Higiene del Trabajo.
17. Establecer ante el empleador la necesidad de observancia de las Normas de Higiene establecidas por las Leyes y Reglamentos en las distintas actividades que se cumplan.

A2. Datos de las encuestas

FECHA DE EJECUCIÓN: 2020		EJECUTADA POR: LUZ GONZÁLEZ				
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP)						
<p>Oculares Guante Anti corte - Nivel 5 Chaleco o ropa reflectiva Calzado de seguridad</p>  <p>Tapabocas Casco de Seguridad Botas de lluvia de Seguridad</p>						
Riesgos	Probabilidad	Frecuencia	Impacto	Tipo de Riesgo		MEDIDAS CORRECTIVAS RECOMENDADAS
				R	Descripción	
Resbalones , tropiezos y caídas a un mismo o diferente nivel	6	3	3	54	Possible Riesgo	1. Mantener zona de trabajo ordenada y limpia. 2. Transitar por lugares seguros . 3. Utilizar Calzado de seguridad .
Caída de materiales o herramientas sobre la humanidad	10	6	3	180	Riesgo sustancial	1. Utilización correcta de EPPs 2. Vizualizar detenidamente del area
Covid-19	6	6	7	252	Riesgo Alto	1. Utilización de tapabocas 2. Registro de temperatura 3. Distanciamiento 4. Lavado de manos 5. Utilización de alcohol en gel
Cortes o golpes poducidos por los equipos de perforación (barras de acero, tubos, etc)	10	3	40	1200	Riesgo Muy Alto	1. Capacitaciones para manejo correcto de las herramientas 2. Utilización de EPPS
Choques/ vuelcos de camiones durante el acarreamiento del agua para la perforación	3	0,5	3	4,5	Riesgo Bajo	1. NO superar la velocidad permitida . 2. Utilizar el cinturón de seguridad . 3. No utilizar celular u otro equipo que distraiga la conducción y las tareas.
Riesgo eléctrico	6	3	15	270	Riesgo Alto	1. NO tocar cables o conexiones eléctricas expuestas 2. Capacitaciones para manipulación de materiales eléctricos
Impacto del Medio Ambiente	10	10	0	0	Riesgo Bajo	1. Proveer Sanitarios Móviles
Ataque de reptiles e insectos y otros	10	10	15	1500	Riesgo Muy Alto	1. Poseer antifidico 2. Proveer de botiquín para primeros auxilios 3. Capacitación de Primeros Auxilios

Probabilidad		Frecuencia	Si ocurre:	Lo que sería:
10	Esperable	10	Continuamente	
6	Muy posible	6	Regularmente	Diario
3	Raramente	3	De vez en cuando	Semanal
1	Improbable pero posible	2	A veces	Mensual
0,5	Posible pero improbable	1	Raramente	Anual
0,1	Casi impensado	0,5	Muy raramente	Menor a una vez por año
0	Inexistente	0	Inexistente	Nunca

Impacto	Cuando puede ocurrir el siguiente impacto	Lo que significa
40	Catástrofe	Varias muertes
15	Muy serio	1 muerte
7	Serio	Incapacidad
3	Importante	Lesión con días perdidos
1	Menor	Lesión sin días perdidos
0	Inexistente	

A3. Interpretación de riesgos

Riesgo	Assessment resulta:	Acción:
más de 400	Riesgo Muy Alto	Considerar parar la actividad específica. No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo.
20-70	Posible Riesgo	Requiere atención

A4. Datos de las encuestas

Fecha de la encuesta	Nombre de la empresa	Nombre del trabajador	Haz tenido algún accidente	Cual fue tu lesión	Medida Asistencial	Continuidad	Localidad-Distrito	Como evitaste el accidente	Afecto a otros
03/10/2016	Visión S.A	Anónimo	Sí	Aplastamiento	Primeros auxilios	Si	Pozo 1- San Fernando	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
03/10/2016	Visión S.A	Anónimo	Sí	Fractura en la mano	Derivación a Hospital	No	Pozo 1- San Fernando	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
03/10/2016	Visión S.A	Anónimo	Sí	Cortes de dedo	Primeros auxilios	No	Pozo 1- San Fernando	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
03/10/2016	Visión S.A	Anónimo	Sí	Cortes de dedo	Le practicaron	Si	Pozo 1- San Fernando	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
03/10/2016	Visión S.A	Anónimo	No				Pozo 1- San Pedro del Ycuamandyyu		
19/03/2018	MACOSEN	Anónimo	Sí	Quemadura	Primeros auxilios	No	Pozo 2- Caazapa	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
19/03/2018	MACOSEN	Anónimo	Sí	Golpe en la cabeza	Primeros auxilios	No	Pozo 2- Caazapa	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
19/03/2018	MACOSEN	Anónimo	No				Pozo 2- Caazapa		
19/03/2018	MACOSEN	Anónimo	Sí	Amputación	Derivación a Hospital	No	Pozo 2- Caazapa	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
19/03/2018	MACOSEN	Anónimo	No				Pozo 2- Caazapa		
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Aplastamiento	Primeros auxilios	No	Pozo 3- Paraguarí	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Golpe en la cabeza	Le practicaron	Si	Pozo 3- Paraguarí	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Aplastamiento	Le practicaron	Si	Pozo 3- Paraguarí	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Fractura en la mano	Derivación a Hospital	No	Pozo 3- Paraguarí	Capacitaciones/Encargado de Seguridad	
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	No				Pozo 3- Paraguarí		
28/04/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Amputación	Derivación a Hospital	No	Pozo 3- Paraguarí	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
16/08/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Deshidratación	Le practicaron	Si	Pozo 4- Cordillera	Capacitaciones/Encargado de Seguridad	
16/08/2013	Agrovia SRL	Anónimo	No				Pozo 4- Cordillera		
16/08/2013	Agrovia SRL	Anónimo	Sí	Atropellamiento	Derivación a Hospital	No	Pozo 4- Cordillera	Encargado de Seguridad	
16/08/2013	Agrovia SRL	Anónimo	No				Pozo 4- Cordillera		
20/09/2019	JC	Anónimo	Casi Accidente	Aplastamiento	Primeros auxilios	No	Pozo 4- Cordillera	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
20/09/2019	JC	Anónimo	No				Pozo 5- Canindeyú		
20/09/2019	JC	Anónimo	No				Pozo 5- Canindeyú		
20/09/2019	JC	Anónimo	No				Pozo 5- Canindeyú		
20/09/2019	JC	Anónimo	No				Pozo 5- Canindeyú		
20/09/2019	JC	Anónimo	No				Pozo 5- Canindeyú		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	Sí	Fractura de codo	Derivación a Hospital	No	Pozo 6- Paraguarí	Uso adecuado de EPP (Elementos de Protección Personal)	
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	Casi Accidente	Desmoronamiento	N/A	Si	Pozo 6- Paraguarí	Evaluación de Riesgo	
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	Casi Accidente	Desmoronamiento	N/A	Si	Pozo 6- Paraguarí	Evaluación de Riesgo	
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	Casi Accidente	Desmoronamiento	N/A	Si	Pozo 6- Paraguarí	Evaluación de Riesgo	
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		
06/02/2020	SERVITEC SRL	Anónimo	No				Pozo 6- Paraguarí		

A5. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.



A6. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.



A7. Fotografías tomadas en el lugar de trabajo de las personas encuestadas.



