



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento para optimizar la
productividad de una empresa constructora

TESIS

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES

De La Rosa Tinoco, Guianfranco
ORCID: 0000-0002-4597-3311

Silva Espinoza, Favio Christ
ORCID: 0000-0002-3710-6269

ASESOR

Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino

Lima, Perú 2022

Metadatos Complementarios

Datos de los autores

De La Rosa Tinoco, Guianfranco

DNI: 72551960

Silva Espinoza, Favio Christ

DNI: 76035543

Datos de asesor

Valencia Gutiérrez, Andrés Avelino

DNI: 07065758

Datos del jurado

JURADO 1

Donayre Córdova, Oscar Eduardo

DNI: 06162939

ORCID: 0000-0002-4778-3789

JURADO 2

Vargas Chang, Esther Joni

DNI: 079073661

ORCID: 0000-0003-3500-2527

JURADO 3

Chavarry Vallejos, Carlos Magno

DNI: 07410234

ORCID: 0000-0000-0000-0000

Datos de la investigación

Campo del conocimiento OCDE: 02.01.01

Código del Programa: 732016

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios y a mis padres Ángel y Elizabeth, por darme fortaleza en cada etapa del desarrollo de esta tesis; al Sr. Renzo Bravo y la familia de RBI personal como profesionalmente. por permitir desarrollarme tanto

De La Rosa Tinoco, Guianfranco

La presente Tesis es dedicada con todo el corazón a mi madre Pilar por mostrarme el camino correcto. A mi abuela María que ha sido como una madre para mí, a mis tíos Magali, Eduardo y Fernando que siempre han estado apoyándome y haciéndome una persona de bien y por último a mi tío Manuel por inculcarme valores y grandes enseñanzas. De igual manera a toda mi familia y pareja por siempre brindarme el soporte para desarrollarme en el ámbito personal y profesional

Silva Espinoza, Favio Christ

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a nuestra alma mater, por habernos brindado los conocimientos de esta maravillosa carrera; a la empresa RB IMPORTEK por abrirnos sus puertas; y a todas personas que de alguna manera nos apoyaron en el desarrollo de la tesis, entre ellos docentes y familiares.

De La Rosa, Gianfranco

Silva Espinoza, Favio Christ

INDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii 10
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 Formulación y delimitación del problema.....	1
1.2 Formulación del problema.....	5
1.2.1 Problema general	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Importancia y justificación de la investigación	5
1.3.1 Importancia.....	5
1.3.2 Justificación	5

1.4 Delimitación del estudio	6
1.4.1 Delimitación espacial.....	6
1.4.2 Delimitación temporal	7
1.4.3 Delimitación teórica.....	7
1.5 Limitaciones de la investigación	10
1.6 Objetivos de la investigación.....	10
1.6.1 Objetivo general.....	10
1.6.2 Objetivos específicos	10
1.7 Estado del Arte	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1 Marco histórico.....	14
2.2 Investigaciones relacionadas al tema.....	16
2.2.1 Investigaciones internacionales	16
2.2.2 Investigaciones nacionales.....	20
2.3 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio	21
2.3.1 Diseño de proyectos.....	21
2.3.2 Planificación	22
2.3.3 Control del proyecto	24
2.3.4 Productividad.....	25
2.3.5 Metodología constructiva	30
CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS	75
3.1 Hipótesis	75
3.1.1 Hipótesis principal	75
3.2 Hipótesis secundarias.....	75
3.3 Variables	76
3.3.1 Definición conceptual de las variables	76
3.3.2 Operacionalización de las variables.....	78
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	79
4.1 Tipo y nivel.....	79
4.2 Diseño de la investigación	79
4.3 Objeto de estudio y muestra	79
4.3.1 Objeto de estudio	79
4.3.2 Muestra	80
4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	80
4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos	80

4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos	80
4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos	80
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	80
CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	81
5.1 Diagnóstico y situación actual.....	81
5.1.1 Antecedentes.....	81
5.1.2 Presentación de resultados	87
CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	110
ANEXOS.....	113
Anexo A. Matriz de consistencia.....	113
Anexo B. Matriz de operacionalización	115
INTRODUCCIÓN.....	iii
Anexo C. Plano de distribución.....	115
Anexo D. Planta general de emisario submarino.....	116
Anexo E. Perfil longitudinal – Túnel Sur 01/02.....	117
Anexo F. Perfil longitudinal – Túnel Sur 02/02.....	118
Anexo G. Perfil longitudinal – Túnel Norte 01/02.....	119
Anexo H. Perfil longitudinal – Túnel Norte 02/02.....	120
Anexo I. Permiso de la empresa para utilización de datos.....	121
INDICE DE TABLAS	
Tabla N° 1. Clasificación de máquinas para perforación horizontal dirigida.	37
Tabla N° 2. Tipos de perforadoras direccionales	37
Tabla N° 3: Sondeo piloto día 1.....	64
Tabla N° 4: Sondeo piloto día 2.....	64
Tabla N° 5: Sondeo piloto día 3.....	65
Tabla N° 6: Sondeo piloto día 3.....	65
Tabla N° 7: Sondeo piloto día 4.....	65
Tabla N° 8: Sondeo piloto día 4.....	66
Tabla N° 9: Ampliación de 20’’ – Dia 1	67
Tabla N° 10: Ampliación de 20’’ – Dia 1	68
Tabla N° 11: Ampliación de 20’’ – Dia 2	69

Tabla N° 12: Ampliación de 20’’ – Dia 2	69
Tabla N° 13: Ubicación de Emisor Submarino	82
Tabla N° 14: Procedimiento constructivo bajo metodología tradicional para Emisario	83
Tabla N° 15: Partidas para emisario submarino con metodología tradicional	84
Tabla N° 16: Presupuesto emisor submarino con tecnología con zanja	85
Tabla N° 17: Cuadro de resumen de diagnóstico de Diseño 1 para emisor submarino con tecnología tradicional	86
Tabla N° 18: Duración de partidas con tecnología con zanja para Emisor	88
Tabla N° 19: Duración de partidas con tecnología sin zanja para Emisor	88
Tabla N° 20: Ventajas y desventajas del método tradicional	89
Tabla N° 21: Ventajas y desventajas del método HDD	89
Tabla N° 22: Agrupación de actividades para metodología con zanja.	90
Tabla N° 23: Agrupación de actividades para metodología sin zanja.	91
Tabla N° 24: Matriz de Gestión de recursos	94
Tabla N° 25: Producción diaria – perforación piloto	96
Tabla N° 26: Producción diaria-ensanche 20’’	97
Tabla N° 27: Producción diaria-ensanche 30’’	97
Tabla N° 28: Producción diaria-ensanche 42’’	97
Tabla N° 29: Criterios de selección de alternativas	98
Tabla N° 30 Presupuesto para perforación horizontal dirigida	100
Tabla N° 31 Análisis de costo por ml entre metodologías de trabajo.....	100

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Crecimiento global de las tecnologías sin zanja	3
Figura N° 2. Planta general del proyecto PTAR Pachacútec	7
Figura N° 3. Planta de emisario submarino – Proyecto PTAR Pachacútec	8
Figura N° 4. Planta de tratamiento de aguas residuales Pachacútec	8
Figura N° 5. Perforación horizontal dirigida – Proyecto PTAR Pachacútec – Rig Side ..	9
Figura N° 6. Perforación horizontal dirigida – Proyecto PTAR Pachacútec – Pipe Side.	9
Figura N° 7. Primer equipo de PHD / Propuesta de Leonardo Da Vinci	15
Figura N° 8. Primer equipo de PHD / Propuesta de Leonardo Da Vinci	15
Figura N° 9. Proyecto PROVISUR – Pionero en la utilización de la tecnología HDD ..	16
Figura N° 10. Descripción general de la gestión del tiempo del proyecto	23
Figura N° 11. Descripción general de la gestión de los costos del proyecto	24

Figura N° 12 Ciclo general de producción	27
Figura N° 13. Formula Productividad global.....	29
Figura N° 14. Formula productividad individual o por factor	29
Figura N° 15. Excavación de zanja	31
Figura N° 16. Excavación con zanja.	32
Figura N° 17. Línea de tiempo del desarrollo de la tecnología sin zanja	35
Figura N° 18. Esquema general de la perforación horizontal dirigida	36
Figura N° 19. Configuración de sarta de perforación.	39
Figura N° 20. Tipos de conexiones.	39
Figura N° 21. Broca de perforación, tipo pala para terreno arenoso.	40
Figura N° 22. Barras de perforación	40
Figura N° 23. Herramientas auxiliares de perforación	41
Figura N° 24. Esquema de ciclo de circulación	42
Figura N° 25. Asistencia de técnicos de fluidos de perforación.	43
Figura N° 26. Tanque mezclador de lodos.	43
Figura N° 27. Sistema de guiado en perforación horizontal dirigida	45
Figura N° 28. Inicio de perforación piloto	46
Figura N° 29. Trabajos de ensanchamiento	46
Figura N° 30. Inicio de ensanche con escariador de 42’’	47
Figura N° 31. Halado de producto final, tubería HDPE.	47
Figura N° 32. Tubería preparada para halado	48
Figura N° 33. Sección transversal tramo túnel	49
Figura N° 34. Layout general de la zona de entrada	51
Figura N° 35. Zona de entrada o Rig Side	51
Figura N° 36. Anclaje de la máquina perforadora	52
Figura N° 37. Bentonita de alto rendimiento	55
Figura N° 38. Almacén de fluidos de perforación	56
Figura N° 39. Uso de aditivos de perforación	57
Figura N° 40. Tabla de radios de curvatura	58
Figura N° 41. Tabla de radios de curvatura	59
Figura N° 42. Perfil longitudinal del cruce direccional	59
Figura N° 43. Fuerzas de instalación para cada sección durante el halado por HDD	60
Figura N° 44. Fuerzas de instalación acumulada para cada sección durante el halado por HDD	60
Figura N° 45. Cabezal de halado	61

Figura N° 46. Taladro de perforación – Equipo mezclador de lodos.	62
Figura N° 47. Realización del campo magnético para guía piloto	64
Figura N° 48. Ampliación de 20’’	67
Figura N° 49. Actividades de aproximación de herramienta en barcaza	67
Figura N° 50. Verificación de línea de perforación – equipo de buceo	68
Figura N° 51. Lanzamiento de tubería para instalación.....	71
Figura N° 52. Esquema de línea base para descarga del efluente de la PTAR	81
Figura N° 53. Actividades provisionales con ambos métodos	92
Figura N° 54. Habilitación y ejecución con ambos métodos	92
Figura N° 55. Reposición de área utilizada con ambos métodos.....	93
Figura N° 56. Tiempo total de ejecución con ambos métodos.	93
Figura N° 57. Distribución porcentual de incidencias de partidas	99
Figura N° 58. Halado de tubería desde barcaza.	101
Figura N° 59. Mapa conceptual de impactos de trabajo	102
Figura N° 60. Información toxicológica sobre la bentonita.....	103

RESUMEN

La investigación que se presenta es diseño correlacional transeccional surge ante la problemática causada por la inadecuada planificación en obras saneamiento, por lo que perjudica a las empresas constructoras ejecutoras. Este mal diseño se origina en la etapa inicial, al no identificar los posibles gastos indirectos incurridos al usar la metodología tradicional, inadecuada programación de trabajos y una mala planificación preliminar, a eso se añade el no contemplar posibles soluciones de tecnologías de vanguardia, todo esto genera pérdidas a las empresas causando gastos innecesarios. Para solucionarlo formulamos el siguiente objetivo: “proponer mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de optimizar la productividad de una empresa constructora”, como objeto de estudio tenemos a la perforación horizontal dirigida o también llamada metodología sin zanja, que se utilizará para una mejora de diseño de proyectos en obras saneamiento, realizando un comparativo entre las 2 metodologías. La investigación tiene un enfoque mixto ya que evaluamos indicadores cuantitativos y cualitativos, Finalmente se presentan los resultados mediante cronogramas de obra, rendimiento y control de

costos bajo el método tradicional y bajo el método sin zanja concluyendo al implementar la perforación horizontal dirigida (método sin zanja) en el diseño del emisor submarino perteneciente a la planta de tratamiento de aguas residuales eleva la productividad hasta un 71.02%, con respecto a la aplicación de la tecnología tradicional.

Palabras Clave: obras de saneamiento, metodología sin zanja, diseño de proyectos, perforación horizontal dirigida, planificación, diseño de proyectos, control de costos.

i

ABSTRACT

The research that is presented is a cross-sectional correlational design that arises from the problem caused by inadequate planning in sanitation works, which is detrimental to the executing construction companies. This bad design originates in the initial stage, by not identifying the possible indirect expenses incurred when using the traditional methodology, inadequate work scheduling and poor preliminary planning, to which is added not contemplating possible solutions of cutting-edge technologies, all this generates losses to companies causing unnecessary expenses. To solve it, we formulated the following objective: "propose improvements in the design of sanitation projects in order to optimize the productivity of a construction company", as an object of study we have directed horizontal drilling or also called trenchless methodology, which will be used for an improvement in project design in sanitation works, making a comparison between the 2 methodologies. The investigation has a mixed approach since we evaluate quantitative and qualitative indicators. Finally, the results are presented through work schedules, performance and cost control under the traditional method and under the

trenchless method, concluding by implementing directed horizontal drilling (trenchless method).) in the design of the submarine emitter belonging to the wastewater treatment plant raises productivity up to 71.02%, with respect to the application of traditional technology.

Keywords: sanitation works, trenchless methodology, project design, horizontal directional drilling, planning, project design, cost contro

II

INTRODUCCIÓN

En el Perú se ha evidenciado que las obras de saneamiento han generado grandes beneficios a nivel económico en el país. Durante la ejecución de un proyecto de saneamiento, es necesario considerar muchos aspectos dentro del importante papel que juega el proceso de instalación de tuberías principales; pues, su concepción genera impacto económico, medioambiental y social.

Este proyecto de tesis atenderá la mejora de diseño de proyectos en obra de saneamiento. Por tal motivo se implementará una solución de vanguardia como es la perforación horizontal dirigida. Por tal motivo se evaluará las fases en el diseño de proyectos en una obra de planta de tratamiento identificando las fallas y aplicando sus mejoras. El objetivo de este proyecto de tesis es la mejora de diseño de proyectos en obra de saneamiento para optimizar la productividad de una empresa constructora a fin de mejorar procesos constructivos y herramientas de gestión utilizados con la metodología de perforación horizontal.

En el capítulo primero, se presenta el planteamiento del problema, compuesto por la descripción y formulación del problema, objetivos de la investigación, delimitación de la investigación y justificación e importancia del estudio. En el capítulo segundo, se presenta el marco teórico, compuesto por los resúmenes de tesis nacionales e internacionales, así como también la definición de términos básicos. En el capítulo tercero, se presenta el sistema de hipótesis, compuesto por las hipótesis principales y secundarias, así como las variables. En el capítulo cuarto, se presenta el marco metodológico, compuesto por el tipo, método, diseño de la investigación, así como técnicas de recolección, procesamiento y análisis de información. En el capítulo quinto, se presenta el análisis de resultados de la investigación, compuesta por un comparativo de metodologías constructivas, cronogramas de obra planteados contemplando el método tradicional de ejecución y comparando el cronograma de la propuesta de modelo de tecnología sin zanja y finalmente con conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Formulación y delimitación del problema

Toda empresa tiene como principal fin el generar beneficios económicos, tanto en el presente como en el futuro. Por ello, siempre hay una constante búsqueda de modificar paradigmas, metodologías, procedimientos, políticas, etc. Que puedan ofrecer de manera eficiente un buen servicio con productividad elevada, reducción de gastos y, con ello aumentar la producción en las empresas con el objetivo de mejorar el flujo financiero del mismo y poder hacer más con menos.

Los diseños en los proyectos de saneamiento, actualmente en su mayoría, siguen métodos tradicionales que consisten en la instalación de redes de tuberías por medio de la habilitación de zanjas que con la inclusión de nuevas tecnologías dejan al descubierto que las empresas públicas de servicios de agua y alcantarillado (EPS) no están a la vanguardia de la tecnología actual, ni capacitados para poder satisfacer las demandas de la población.

En los últimos años se han producido pocos avances en materia de saneamiento en Perú. La insuficiencia en la cobertura de los servicios de agua y alcantarillado, así como la mala calidad en la prestación de servicios demuestran que hay muchas limitaciones. Una mala planificación de proyectos donde no se realiza una organización estratégica, repercute en costos innecesarios, malas inversiones, por ende, genera trabajos inconclusos afectando así la productividad de las empresas que ejecutan estos servicios.

En la aplicación de la metodología estándar con un sistema de excavaciones con zanja es recurrente que en su ejecución existan problemas como la interrupción del tráfico, cierre de vías, accesos complicados, contaminación, descontento ciudadano, caos y desorden, generando así gran impacto social y medioambiental.

Lo expuesto anteriormente genera buscar una introspección de la forma en cómo estamos aplicando y desarrollando las metodologías y procesos en el diseño de los proyectos de saneamiento y motiva a buscar una alternativa de solución, el cual pueda minimizar en la medida de lo posible, el impacto que este tipo de obras genera en la población.

Esta problemática se ve expresado en las siguientes investigaciones:(SUNNAS, 2020), publicó un artículo denominado “Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución”, textualmente indica que “Proyectistas y revisores locales que carecen de conocimientos modernos para plantear nuevas tecnologías y nuevas oportunidades en el tratamiento de aguas residuales domésticas así como EPS con profesionales con sesgo tecnológico y con dificultad para evaluar técnica y económicamente la oferta de proveedores y entidades financieras algunas veces oportunistas”. (pág. 57)

(Flores Castañeda, 2019), con su tema de tesis “Aplicación del método de perforación horizontal dirigida, para incrementar la productividad de la instalación de líneas de agua en el proyecto de saneamiento Nicolás de Piérola, Santa Clara Sur”, textualmente indica “En el campo de saneamiento, esta se llevó a baja medida inicialmente, prefiriendo métodos tradicionales, debido a la desconfianza de las empresas ejecutoras de obras y la poca inversión con el que se contaba en esa época. Muy distinto a lo que se mostraba en países más desarrollados como Rusia, Japón, Australia y Estados Unidos, las cuales se desarrollaban exitosamente”. (pág. 5)

(Castro Castro & Guadarrama Robles, 2007), con su tema de tesis “Perforación Horizontal Direccional, ejemplo de aplicación en cruzamiento subfluvial” textualmente indica “las crecientes exigencias normativas en materia de impacto ambiental y la procuración, en el impacto social, de la menor afectación al funcionamiento de la infraestructura existente obliga a la búsqueda de tecnologías que, aplicados correctamente a procedimientos constructivos, pueden sustituir al método tradicional utilizado en la construcción de cruzamientos de tubería “. (pág. 27)

Dichas investigaciones acreditan lo desarrollado líneas arriba, la ingeniería y su método de aplicación a diferentes áreas necesita evolucionar y desarrollarse. Debemos reflexionar sobre un manejo eficiente con una gestión sostenible para poder gozar de los beneficios que las nuevas tecnologías y la mejora continua pueden ofrecer.

Sin embargo, en países extranjeros, fueron desarrollando innovadoras alternativas de solución que podrían reducir los problemas planteados en párrafos anteriores.

Ante esta problemática surge la siguiente pregunta:

¿De qué manera podríamos optimizar la productividad en el diseño de los proyectos de saneamiento?

Ante esto, surgen las llamadas “tecnologías sin zanja”, que surgen a partir de los años 60 con la finalidad de minimizar el impacto en su ejecución lo más posible. La demanda de servicios en las ciudades como en las comunidades rurales, han propiciado que surjan nuevas alternativas de solución eficientes en los diseños de proyectos, sobre todo las líneas de conducción de tuberías

Estas metodologías son impulsadas generalmente por 4 potencial mundiales. Reino Unido, EE. UU, Alemania y Japón. En el caso de Reino Unido se centra principalmente en sustituir o reparar la red principal de abastecimiento de agua potable y de agua de saneamiento ejecutada en su mayoría en fundición gris por lo que sus avances tecnológicos fueron direccionados a resolver estos inconvenientes. (Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja, 2021)

EE. UU, Alemania y Japón principalmente redireccionan el uso de las tecnologías sin zanja para el desarrollo de infraestructuras, desarrollo de red de saneamiento en las zonas urbanas. (Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja, 2021)

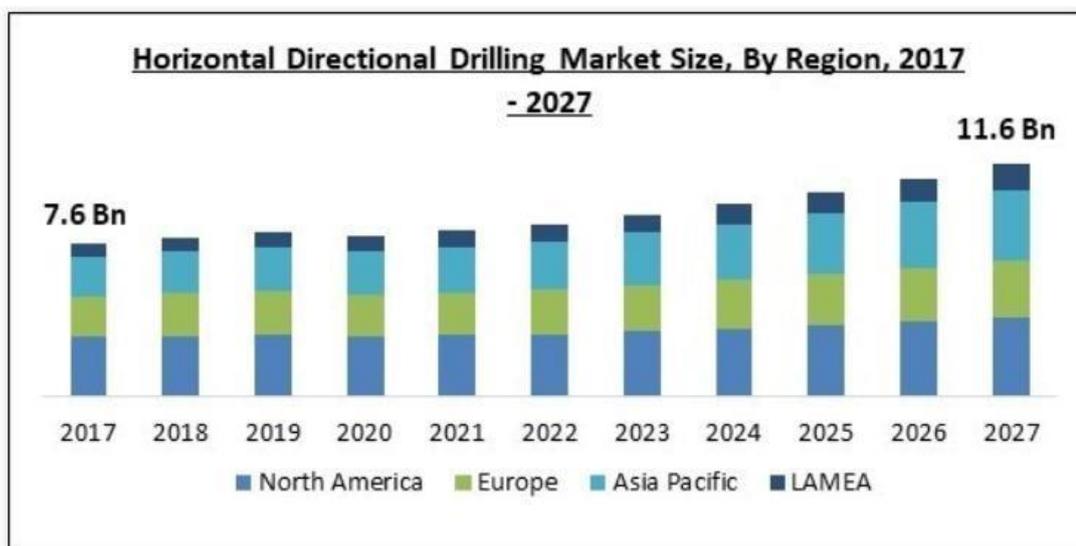


Figura N° 1: Crecimiento global de las tecnologías sin zanja (Perforación horizontal dirigida). Fuente: Verified Market36+ Research,2022.

Como podemos ver en la Figura 01, estas metodologías tienen gran popularidad en países del extranjero, siendo éste un pilar fundamental en la agilización y maximización de producción donde se obtienen resultados más eficientes y limpios.

En Latinoamérica, el uso de estas tecnologías está en constante crecimiento, siendo los principales países Colombia, Argentina y Chile.

Para el caso específico de Perú, su conocimiento es poco o nulo. Las empresas constructoras que aplican esta tecnología son empresas extranjeras las cuales ejecutaron las pocas obras que se realizaron dentro del territorio nacional, siendo una de ellas la construcción de una planta desalinizadora de agua de mar para consumo humano en los distritos de sur de Lima y el otro una planta de tratamiento de aguas residuales para el distrito de Ventanilla. Esto deja al descubierto la gran desventaja que tenemos en cuanto al desarrollo ingenieril en el país, como menciona (Gallegos, 2006) “Hay invasión de la ingeniería extranjera en el Perú por el tema de la minería y el petróleo. Ingenieros británicos, canadienses, sudafricanos, españoles, árabes, etc., llegan al país a trabajar con empresas multinacionales y ejecutan los proyectos con tecnologías que en sus países natales son actividades rutinarias en el desarrollo del proyecto, sin embargo, al aplicar y realizar la ingeniería en Perú, resulta ser un hecho extraordinario, exponiendo el avance lento y paupérrimo de la mejora ingenieril.” Particularmente la perforación horizontal dirigida, es un método sin zanja que se va generalizando y su ejecución se va extendiendo cada vez más, debido a su facilidad en flanquear obstáculos, ser atractivamente económico, reducir impactos sociales ambientales y que durante su ejecución los plazos se reduzcan considerablemente mejorando la productividad para este tipo de proyectos.

Dicho esto, esta investigación se centra en el estudio y análisis de la perforación horizontal dirigida como alternativa de solución a la mejora en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de maximizar la productividad en las empresas que la ejecutan.

Esta mejora se ve reflejada en el compromiso que genera con la sociedad al ser considerado una obra sostenible y verde debido a sus múltiples beneficios.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cómo mejorar el diseño de proyectos de saneamiento para optimizar la productividad de una empresa constructora?

1.2.2 Problemas específicos

- a) ¿Qué planificación se implementará para incrementar la productividad de una empresa constructora?
- b) ¿Qué controles de proyecto se implementará para optimizar la productividad de una empresa constructora?
- c) ¿De qué manera la metodología aplicada en el diseño del proyecto influye en la optimización de la productividad en una empresa constructora?

1.3 Importancia y justificación de la investigación

1.3.1 Importancia

Es importante porque contribuye con la agilización en los diseños de los proyectos en obras de saneamiento, incentivado a usar nuevas tecnologías que permitan el desarrollo de todas aquellas actividades relacionadas con el mantenimiento e instalación de los servicios enterrados (agua, luz, gas, fibra óptica, etc.) sin generar ningún tipo de trastorno a los ciudadanos y, además con costes económicos inferiores y en tiempo récord. Si se evita la tecnología con zanja se aporta a la sociedad mayor bienestar y tranquilidad.

1.3.2 Justificación

Teórica

Se justifica porque esta investigación produce nuevos conceptos sobre el diseño de proyectos de saneamiento mediante la tecnología sin zanja, a través de la recopilación de información propia de la perforación horizontal dirigida como alternativa de solución para mejorar el rendimiento en su ejecución. Además, contribuye a la búsqueda de mejora continua en relación a los procesos constructivos que abarca un proyecto de saneamiento.

Práctica

Se justifica porque esta investigación pretende proponer mejoras en los proyectos de saneamiento que contemplan el uso tradicional, sugiriendo el uso de la tecnología sin zanja como herramienta de trabajo.

Se crea conciencia sobre el conocimiento, implementación y uso de nuevas tecnologías que puedan ofrecer un servicio de calidad, eficacia y eficiencia que resultan en utilidades para las empresas constructoras que deciden incorporar dichas mejoras. La investigación está respaldada por el macroproyecto PTAR Pachacútec en Ventanilla.

Metodológica

Se justifica porque el presente trabajo de investigación servirá como referente para otras investigaciones, además de proponer un nuevo método que permita mejoras en su implementación y permita afianzar el concepto de perforación horizontal dirigida en el país.

1.4 Delimitación del estudio

1.4.1 Delimitación espacial

La presente investigación se realizó en el proyecto “Emisor submarino tramo túnel por el método de perforación horizontal dirigida para el proyecto PTAR Pachacútec en la Playa Los Delfines en Ventanilla, Lima-Perú”.

La aplicación de la perforación horizontal contempla parte del macroproyecto PTAR Pachacútec, específicamente, la construcción de dos emisarios submarinos que son parte del funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales.

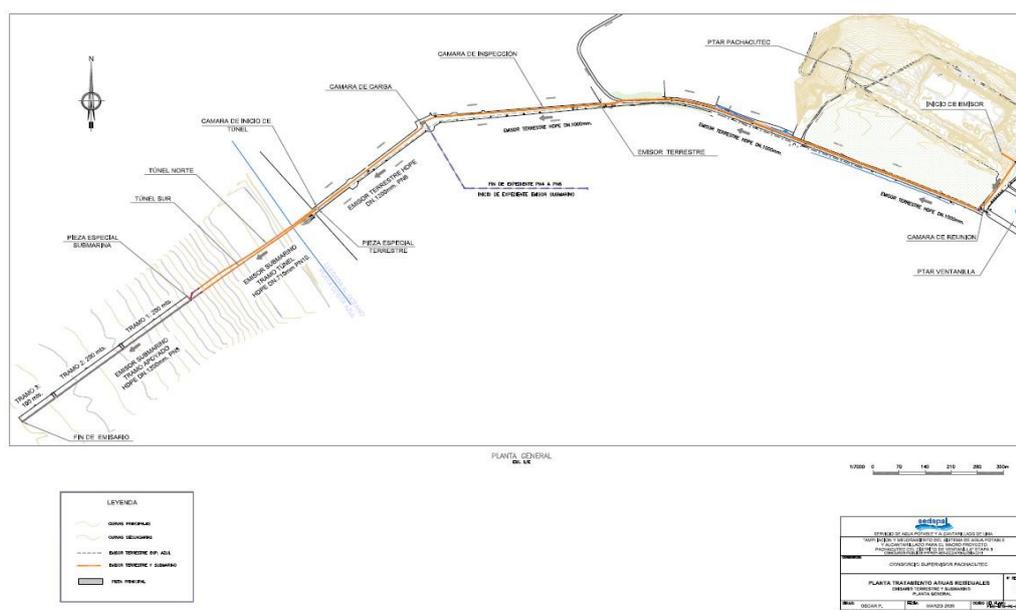


Figura N° 2: Planta general del proyecto PTAR Pachacútec, proyecto en el cual se desarrollará esta investigación.

Fuente: SEDAPAL.

1.4.2 Delimitación temporal

Los datos que serán considerados en el presente trabajo de investigación propuesto están comprendidos entre los periodos 2018 – 2022, donde se analizará el diseño del proyecto y el cambio de metodología, así como los procesos constructivos que se vienen ejecutando hasta el periodo actual.

1.4.3 Delimitación teórica

El presente trabajo de investigación tiene como pilar el estudio de la tecnología sin zanja como alternativa de solución para incrementar la producción en los procesos constructivos ejecutados durante la concepción del proyecto, sin embargo, el estudio se limita al análisis de la perforación horizontal dirigida, que es uno de los métodos de tecnología sin zanja, por lo que esta investigación no ahondará en otros métodos.

La tecnología sin zanja abarca tres etapas en su ejecución: perforación piloto, trabajos de ensanchamiento y finalmente el halado de la tubería. Estos procesos son los que serán abarcados durante la investigación.

Particularmente, la investigación se limita a la perforación de tipo beach approach, offshore o también llamada “costa afuera” el cual es una variante de la perforación horizontal dirigida que tiene como principal factor la participación del mar de Ventanilla.

Se cuentan con dos trenes de trabajo, el primero “Rig Side”, zona donde se encuentran los equipos de perforación y el segundo “Pipe Side”, zona donde se encuentra la tubería a introducirse, en este particular caso, dicha zona se encuentra posicionada en una barcaza en un punto GPS en el mar.

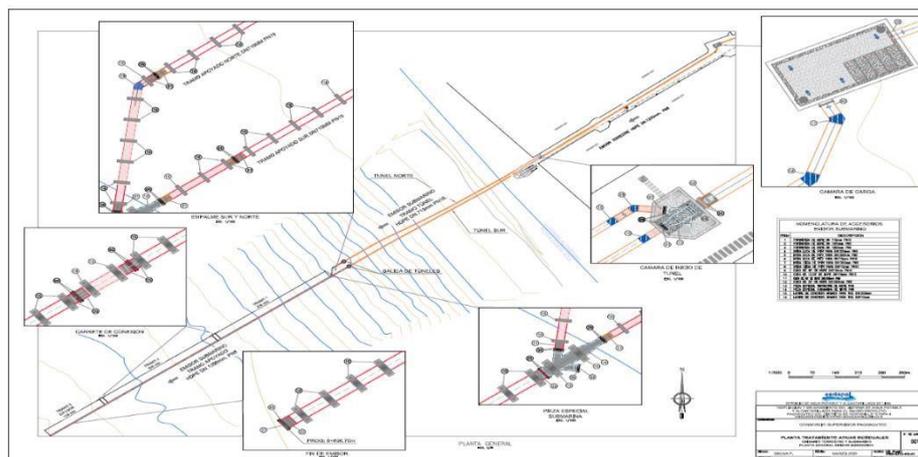


Figura N° 03: Planta de emisario submarino – Proyecto PTAR Pachacútec
Fuente: SEDAPAL



Figura N° 04: Planta de tratamiento de aguas residuales Pachacútec, Ventanilla –
Setiembre 2022.
Fuente: Consorcio PTAR Pachacútec.



Figura N° 05: Perforación horizontal dirigida – Proyecto PTAR Pachacútec – Rig Side.
Fuente: Propia

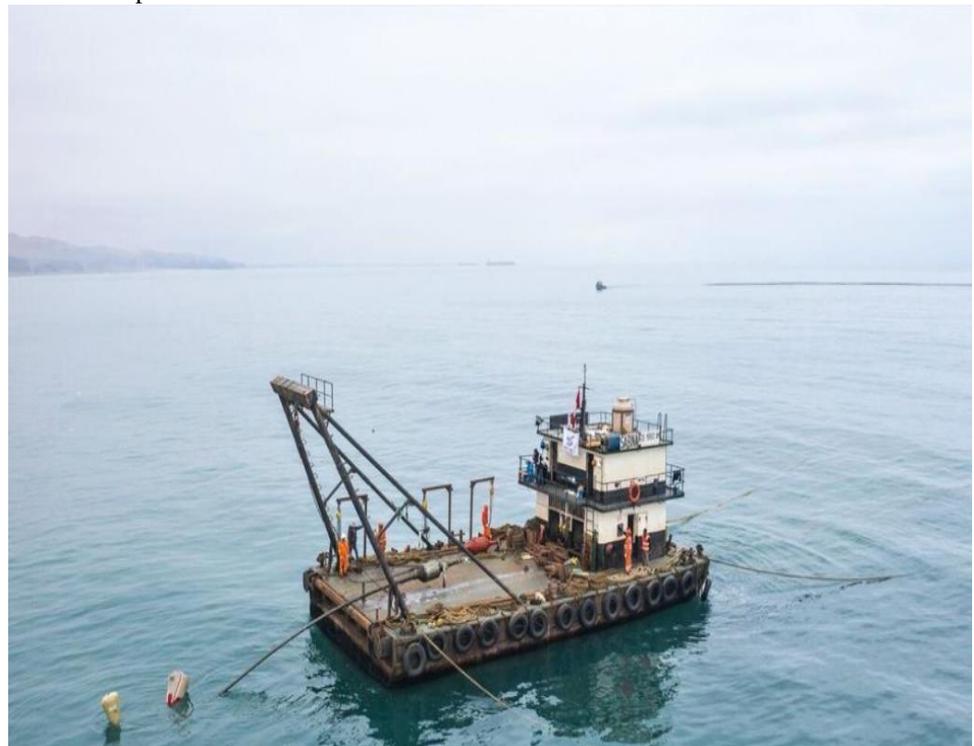


Figura N°06: Perforación horizontal dirigida – Proyecto PTAR Pachacútec – Pipe Side.
Fuente: Propia.

1.5 Limitaciones de la investigación

El presente trabajo de investigación no tiene limitaciones, ya que se dispone del expediente técnico inicial, así como el control en tiempo real de obra sobre los procesos constructivos utilizados durante la ejecución del proyecto, proporcionando así data suficiente para la elaboración de este documento. La propuesta de mejora actualmente está siendo aplicada y ejecutada por lo que los valores que se exponen en este trabajo son verídicos y comprobados en campo.

1.6 Objetivos de la investigación

1.6.1 Objetivo general

Proponer mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de optimizar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.

1.6.2 Objetivos específicos

- a) Determinar la planificación óptima de un proyecto para incrementar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.
- b) Aplicar un control de proyectos en una obra de saneamiento aplicando la tecnología de perforación horizontal dirigida para optimizar la productividad de una empresa constructora.
- c) Determinar la influencia de la metodología aplicada al diseño de proyectos para optimizar la productividad de una empresa constructora.

1.7 Estado del Arte

Para el desarrollo del capítulo II se toma como referencia las siguientes investigaciones.

Ítem	Autor-Año-Institución	Título	Objetivo	Conclusión-Resultados
1	Short, J /1961/PennWell	Introduction Directional Horizontal Drilling	Considerar los nuevos métodos de tecnología sin excavación como metodología de trabajo principal, con el fin de garantizar la salud financiera, social y ambiental del entorno.	Las metodologías sin zanja PHD y Pipe Bursting, presentan un mayor volumen de ventajas con respecto a la metodología tradicional con zanja, si se mira desde una perspectiva técnica, social y ambiental lo cual se evidencio en las matrices de pros y contras de las metodologías.
2	Vianda, V /2004/Universidad de Guatemala	Técnicas de construcción fundamentadas en la tecnología sin zanjas	Dar a conocer esta nueva tecnología y sus ventajas; conseguir, mediante este trabajo de graduación, su dominio básico y lograr su difusión, para que sea considerada como una alternativa para los distintos proyectos de infraestructura que se planean llevar a cabo, tanto por la iniciativa privada como por el sector público.	Las metodologías sin zanja PHD y presentan un mayor volumen de ventajas con respecto a la metodología tradicional con zanja, si se mira desde una perspectiva técnica, social y ambiental lo cual se evidencio en las matrices de pros y contras de las metodologías.
	Alvites, C.& Bodero, A./2016/Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas	Plan de negocio para la rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado con tecnología sin zanja.	Desarrollar un plan de negocio para un proyecto de saneamiento que incluye la perforación horizontal dirigida.	Con el uso de las Tecnologías Sin Zanja se reducen los tiempos de rehabilitación de las redes de saneamiento, se generan menores molestias a los vecinos ya que por menores períodos de tiempo se cierran las vías de acceso vehicular; menor movimiento de tierras genera menor movimiento de polvo por lo tanto genera menos molestias a los dueños de casa.

4	Ramos, T./2017/Universidad Autónoma de México	Perforación horizontal direccional aplicación cruzamiento subfluvial.	Analizar la técnica constructiva de la PHD en su aplicación a la construcción de cruces de líneas de conducción de sustancias peligrosas.	A diferencia de otros métodos, permite seguir con gran precisión el trazo de proyecto debido a que cuenta con una sonda de guiado en la cabeza de perforación, por lo cual se necesita personal con conocimientos y aptitudes necesarios para el manejo y supervisión de esta práctica. El impacto al medio ambiente de esta técnica es muy bajo o prácticamente nulo.
5	Armijos, J & Carrera, H./ 2017/Universidad Central de Ecuador	Perforación horizontal dirigida, en pasos de líneas de conducción de agua potable bajo vías de primer orden.	Documentar el proceso constructivo en las perforaciones horizontales dirigidas para líneas de conducción de agua potable que crucen vías de primer orden.	La tecnología de perforación horizontal dirigida está demostrando ser, en los países desarrollados, donde más han sido aplicadas hasta la actualidad, una herramienta de gran valor económico y social.
6	Apeldor, C./2018/ProjectMax Ltd.	Comparing the costs - trenchless versus traditional methods.	Reducir costos a medida que el mercado se hace más maduro y el desarrollo de la tecnología actúa para disminuir las tarifas unitarias.	La tecnología sin zanja produce un 97% menos de emisiones que la construcción de tuberías a cielo abierto. A la hora de considerar los métodos. debe tenerse en cuenta el coste total, incluidos los costes sociales.
7	Matamoros, J & Baquero J/2021/Universidad Católica de Colombia	Análisis comparativo de la gerencia de obras usando un sistema de perforación horizontal dirigida vs excavación a cielo abierto en la instalación de redes subterráneas.	Realizar un análisis comparativo de la gerencia de obra en un sistema sin zanja de perforación horizontal dirigida y una excavación a cielo abierto, analizando sus tiempo, costos y riesgos dentro de obras de instalación de redes subterráneas ubicadas en la ciudad de Bogotá	Con el diagnostico efectuado mediante la encuesta a expertos, se concluye que, tanto para los proyectos de ECA como los de PHD, es importante indagar sobre las condiciones técnicas más favorables, antes de la selección del método a emplear.

8	Salazar, M./2021/Universidad Católica de Colombia	Matriz multicriterio para la toma de decisiones en la instalación de tuberías generales de alcantarillado mediante los métodos sin zanja y a zanja abierta.	Generar una herramienta de decisión con base a un análisis integral técnico, ambiental, social y de costos. Mediante una matriz multicriterio que permita establecer que método constructivo es más viable en la instalación de redes de alcantarillado.	El método constructivo a utilizar debe ser el que mayor ponderación obtenga si dos o más metodologías obtienen el mismo porcentaje ponderado nuevamente se deben evaluar dichas metodologías hasta obtener la que mejor se ajuste al proyecto a realizar.
9	Armijo, R./2021/Universidad Europea del Atlántico	Gestión de proyectos para cambio de método de renovación de redes de agua potable, teniendo como caso el proyecto: Refacción de la red de agua potable del distrito 10 de la ciudad de Cochabamba, Bolivia.	Analizar los beneficios en el cambio de método de renovación de red de agua potable a una tecnología Trenchless, teniendo como estudio el caso el proyecto: “Relación de la red de agua potable del distrito 10 de la ciudad de Cochabamba, Bolivia.	De manera general la metodología de renovación de redes de agua potable con tecnología sin zanja constituye en una herramienta útil y adecuada para renovación de redes de agua potable en centros urbanos de alta densidad poblacional, reduciendo tiempo, y perjuicio a los vecinos del área de intervención respecto a la tecnología tradicional de renovación a zanja abierta.
10	Buitrago, M./2021/Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Análisis de la efectividad de los métodos sin zanja para renovación de redes y cruces viales de redes de acueducto y alcantarillado en Bogotá D.C.	Determinar la mejor metodología más apropiada para una renovación o canalización de redes de acueducto y alcantarillado en Bogotá D.C.	De manera general la metodología de renovación de redes de agua potable con tecnología sin zanja constituye en una herramienta útil y adecuada para renovación de redes de agua potable en centros urbanos de alta densidad poblacional, reduciendo tiempo.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco histórico

En los años 1960-1961, los métodos de perforación comunes para instalación de líneas y gran variedad de utilidades era el método de excavación con zanja o cielo abierto, a través del tiempo y el avance tecnológico, este método logró evolucionar desde la aplicación a servicios públicos simples de pequeña longitud a instalación de tuberías de grandes diámetros y con líneas que superan los 2000m de longitud, dicha mejora es conocida como tecnología sin zanja, método que permite la instalación de líneas subterráneas de cualquier diámetro y longitud, minimizando el impacto social, económico y ambiental.

La Perforación Horizontal Dirigida PHD (HDD, de su acrónimo en inglés Horizontal Directional Drilling) es un método para colocar nuevas tuberías sin zanja y surgió de la fusión de las tecnologías empleadas en la captación de agua y del petróleo. (Yepes Piqueras, 2016).

La tecnología de perforación horizontal dirigida surge en Estados Unidos, en la industria del petróleo durante los años 70 y ha evolucionado con la adición de procedimiento que se fueron desarrollando con el objetivo de la instalación de pozos de agua y en la industria de servicios públicos. (Felicidad Mínguez, 2015)

Gran parte de la tecnología de perforación horizontal dirigida evolucionó a partir de técnicas de perforación que eran empleadas para la instalación de líneas subterráneas y conductos en zonas urbanas para que actualmente se use para la instalación de líneas de comunicación (cable de datos, fibra óptica), líneas eléctricas, gaseoductos, oleoductos y conducciones de agua a presión, así como flanquear obstáculos como carreteras, líneas de tren, laderas, etc. (Felicidad Mínguez, 2015)

Los primeros equipos en usar esta tecnología eran máquinas de perforación para petróleo que fueron modificadas para trabajar con una mínima inclinación. La primera perforación con HDD se realizó en el año 1971 para una tubería de acero con un diámetro de 180mm que cruzaba un río en California.

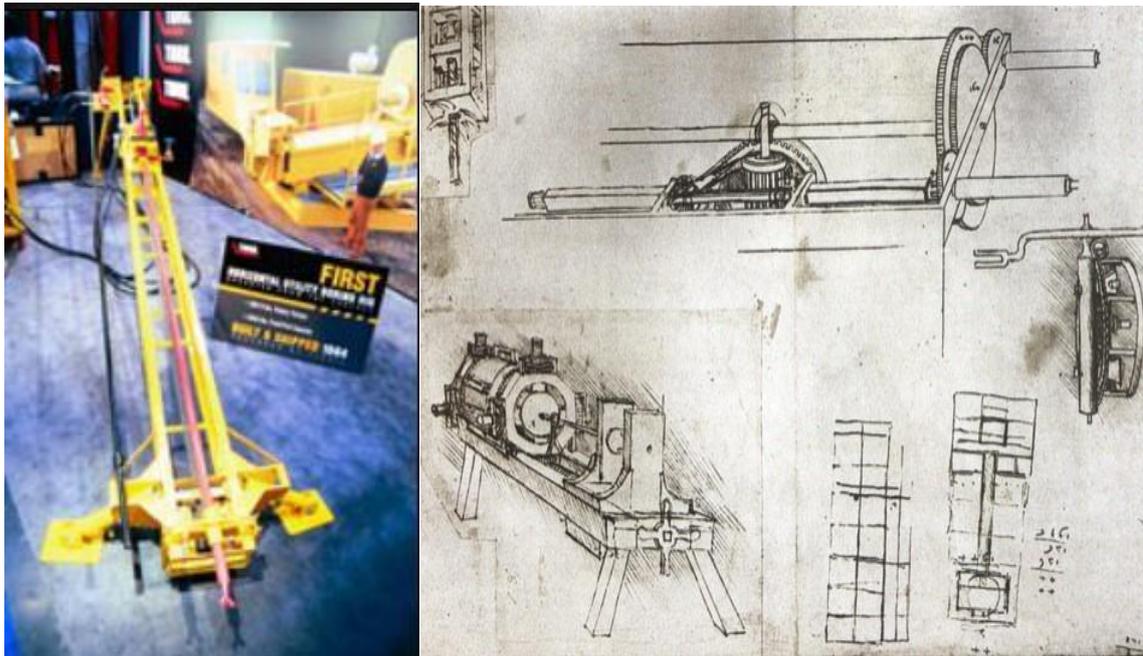


Figura N° 07: Primer equipo de PHD / Propuesta de Leonardo Da Vinci.
Fuente: Perfhora.

A finales de los años 80, la tecnología se consolida de tal forma que se fueron desarrollando los sistemas de detección del cabezal de perforación, permitiendo que se pueda conocer en todo momento la posición y orientación de la misma. A través de la empresa americana DCI (Digital Control Inc.), fue que la perforación horizontal dirigida experimentó un rápido crecimiento y su aplicación fue haciéndose cada vez más notoria.

A finales de los 90, la tecnología ya es muy parecida a como la conocemos hoy en día para lo cual su consolidación se basa en su fácil aplicación, bajo costo, eco amigable y a la vanguardia de la tecnología.



Figura N° 08: Primer equipo de PHD / Propuesta de Leonardo Da Vinci. Fuente:
Perfhora.

En el año 2020, se desarrolló por primera vez en Perú la obra que introdujo la perforación horizontal dirigida que fue el proyecto PROVISUR (Provisión de

Servicios de Saneamiento para los Distritos del Sur), que da servicio de agua potable a los distritos de Punta Hermosa, Punta Negra, San Bartolo y Santa María Del Mar, beneficiando a 100 000 habitantes de la zona del sur de Lima.

Lo característico de este proyecto es que, dentro de su metodología de trabajo y diseño de proyecto se optó por realizar la tecnología de perforación horizontal dirigida, con la particularidad de que un extremo del lado de perforación fue un punto situado en una plataforma marina, marcando así un hito en la ingeniería en el país. Cabe resaltar que dicho proyecto fue realizado por la empresa Cobra S.A, que a su vez subcontrató a la empresa también española Catalana de Perforacions S.A.

En el presente 2022, se viene ejecutando actualmente la segunda obra de este tipo, dos perforaciones horizontales dirigidas como parte del megaproyecto “Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Pachacútec en Ventanilla” proyecto que es objeto de estudio de la presente investigación.



*Figura N° 09: Proyecto PROVISUR – Pionero en la utilización de la tecnología HDD.
Fuente: TEDAGUA.*

2.2 Investigaciones relacionadas al tema

2.2.1 Investigaciones internacionales

(Ávila Armijos & Carrera Clerque, 2017), en su tesis “Perforación horizontal dirigida, en pasos de líneas de conducción de agua potable bajo vías de primer orden”, para optar el grado de título profesional de

Ingeniero Civil de la Universidad Central de Ecuador, tiene como objetivo principal documentar el proceso constructivo en las perforaciones horizontales dirigidas para líneas de conducción de agua potable que crucen vías de primer orden para lo cual se investigó todos los equipos, recursos e indicadores que abarca dicho método constructivo donde clasifica los diversos tipos de método sin zanja, para después centrar su investigación en la descripción del proceso de perforación horizontal dirigida donde concluye que dicho proceso resalta el gran valor económico y el mínimo impacto social-ambiental que genera durante su ejecución.

Comentario:

La investigación presentó la perforación horizontal dirigida como la mejor opción en la instalación de líneas de conducción, donde resalta que dicho proceso se encuentra afectado por las condiciones presentes del suelo y los procedimientos de construcción in-situ, la investigación destaca que el análisis correspondiente para la instalación de una tubería con la técnica de perforación horizontal dirigida es diferente al análisis del método tradicional de apertura de zanjas y relleno debido a la magnitud de fuerzas presentes, sin embargo, en el acápite de conclusiones reitera que la perforación horizontal está demostrando ser una herramienta de gran valor económico y social, así como su importancia en el desarrollo tecnológico e ingenieril.

(Ramos Trejo, 2017), en su tesis “Perforación horizontal direccional en aplicación del cruzamiento subfluvial”, para optar el grado de título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Autónoma de México, tienen como objetivo principal el análisis de la técnica constructiva de la perforación horizontal direccional en su aplicación a la construcción de cruces de líneas de conducción de sustancias peligrosas mediante la exposición de los criterios y alcances técnicos que contempla el proceso de perforación horizontal dirigida. A través de un caso práctico demuestra la aplicación de este proceso para finalmente concluir que el

impacto generado es mínimo y su aplicación es ventajosa en comparación a la metodología tradicional.

Comentario:

El trabajo de investigación elaborado por Ramos y García nos mostró los componentes de la perforación horizontal dirigida como aspectos técnicos, cálculos, procedimientos, normativa y metodología en un caso real en México, donde resalta la gran importancia que tiene este método en la forma de superar los obstáculos físicos que se presenten durante su ejecución, premisa que hace que se destaque sobre la tecnología tradicional. Reconoce el impacto mínimo ambiental que esta metodología genera, sin embargo, precisa que la desventaja es el costo elevado.

(Alarcon Rocha & Pacheco Calvo, 2014) en su tesis “Comparación tecnológica y costos del método de instalación de tuberías sin zanja (trenchless) más eficiente para los suelos encontrados en un proyecto de Bogotá”, para optar por el título profesional de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Javeriana, tiene como objetivo establecer el potencial de utilización del método de instalación de tubería sin zanja (trenchless) en un proyecto de la ciudad de Bogotá, mediante el reconocimiento y comparación de la metodología sin zanja con respecto al método convencional para instalación de tubería, donde a través de la explicación y descripción de cada uno de ellos concluye que el costo de ejecución se reduce hasta en un 21% y que los costos por perjuicios colaterales son mínimos, demostrando así el potencial de utilización del método de instalación de tubería sin zanja, demostrando viabilidad y aplicabilidad en diversas condiciones geológicas.

Comentario:

La tesis realizada por Alarcón y Pacheco mostró un análisis comparativo de procesos constructivos y costos entre la tecnología con y sin zanja, asociados a un proyecto real en Bogotá, Colombia. En el acápite de conclusiones de su investigación se pudo apreciar que el uso de la tecnología sin zanja aplicables en el proyecto, en sus variantes de Pipe Jacking, microtunelado y auger boring son trabajos recurrentes en

Colombia, donde a través del desarrollo mostró que optimizan el tiempo de ejecución, así como la mejora en la utilización de recursos. Enfatiza que, gracias a los resultados obtenidos en su investigación, pudo afirmar que la tecnología sin zanja representa un alto potencial.

(Baquero & Matamoros, 2021), en su tesis “Análisis comparativo de la gerencia de obras usando un sistema de perforación horizontal dirigida vs excavación a cielo abierto, en la instalación de redes subterráneas”, para optar por el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia, tiene como objetivo realizar un análisis comparativo de la gerencia de obra en un sistema sin zanja de perforación horizontal dirigida y una excavación a cielo abierto, analizando sus tiempos, costos y riesgos dentro de obras de instalación de redes subterráneas ubicadas en la ciudad de Bogotá, concluyendo que los aspectos técnicos como peso y densidad del material, condiciones hidrológicas, condiciones de humedad, profundidad de ductos, pendientes y erosión del terreno, son factores muy determinantes en la selección del método a emplear y por tanto el costo, por lo que la selección es propia para cada proyecto.

Comentario:

La investigación desarrolla un comparativo gerencial entre ambas tecnologías donde a través de encuestas realizadas a profesionales analizan la viabilidad del cambio de metodología y su aplicación en distintos casos, destaca también el manejo adecuado de la gestión de recursos durante la ejecución de este tipo de proyectos, los cuales deben estar correctamente asistidos por los departamentos de ingeniería como producción, calidad, planeación y control. Ahonda en la correcta aplicación de la guía PMBOK para mayor asistencia en el control de proyectos de esta índole, aseverando que la aplicación de cada tecnología depende de las condiciones técnicas que se tenga en campo.

(Armijo Rodríguez, 2021), en su tesis “Gestión de proyectos para cambio de método de renovación de redes de agua potable teniendo como estudio de caso el proyecto : Reparación de la red de agua potable del distrito 10 de la ciudad de Cochabamba”, para optar por grado de Máster en Diseño,

Gestión y Dirección de proyectos , cuyo objetivo es analizar los beneficios en el cambio de método de renovación de red de agua potable a una tecnología Trenchless, así como establecer todos los stakeholders y su nivel de satisfacción con el cambio de metodología, concluyendo que constituye una herramienta útil y adecuada para proyectos de saneamiento de alta demanda poblacional, reduciendo el tiempo e impacto a nivel social.

Comentario:

El trabajo de Arrijo reitera la importancia del factor social y ambiental en la ejecución de un proyecto de ésta índole, sin embargo, declara que la más grande limitación que tiene la aplicación de la tecnología sin zanja de manera general es la falta de conocimiento y experiencia sobre este tipo de ingeniería, al igual que Perú. Finalmente, declara que esta metodología constituye una herramienta útil y correcta para este tipo de proyectos.

2.2.2 Investigaciones nacionales

(Arce Obregon, 2016), en su tesis “Aplicación de la tecnología sin zanja para mejorar la productividad en la rehabilitación de redes de alcantarillado, Comas”, para optar el grado de título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad César Vallejo, tiene como objetivo principal analizar de qué forma la aplicación de la tecnología sin zanja mejorará la productividad en la rehabilitación de redes de alcantarillado en Comas, donde realiza una comparación entre metodologías y los impactos que cada uno genera a través del análisis de costos directos demostrando que el método sin zanja permite la optimización de recursos, centrándose en el costo (20%) y tiempo (30%), concluyendo que los costos directamente asociados a los proyectos con tecnología sin zanja son menores a los mismos costos de las tecnologías convencionales.

Comentario:

La investigación refleja que la implementación de la tecnología sin zanja optimiza los recursos, tanto en costo y tiempos, en comparación a la

aplicación de la metodología sin zanja, sin embargo, su aplicación es dirigida a la renovación de redes de alcantarillado.

(Flores Castañeda, 2019), en su tesis “Aplicación del método de perforación horizontal dirigida, para incrementar la productividad de la instalación de líneas de agua en el proyecto de saneamiento San Nicolás de Piérola, Santa Clara Sur”, para optar el grado de título profesional de Ingeniero Mecánico de la Universidad Tecnológica del Perú; tiene como objetivo principal aplicar el método de perforación horizontal dirigida, para incrementar la productividad de instalación de líneas de agua en el proyecto de saneamiento Nicolás de Piérola, a través de la identificación y evaluación de la productividad del proyecto y el impacto que la aplicación de la perforación dirigida genera en la instalación de líneas de agua a través de gráficos y tablas donde concluye que el método sin zanja tienen un incremento productivo en promedio del 60% respecto al método tradicional y una reducción del costo en promedio del 30%..

Comentario:

La tesis realizada por Flores, asevera que la aplicación de la tecnología de perforación horizontal dirigida incrementa la productividad en la ejecución de la instalación de líneas de agua, así como la reducción de los recursos usados durante su ejecución.

2.3 Bases teóricas vinculadas a la variable o variables de estudio

2.3.1 Diseño de proyectos

El diseño de proyectos brinda un conjunto organizacional de ideas, insumos, procedimientos y procesos de modo que se pueda conseguir el objetivo marcado. Una empresa no se define únicamente por la calidad que tenga el proyecto que se acomete, sino por la forma en que se gestiona. Cada fase del proceso de diseño es un reflejo de la seriedad, la sinceridad y del nivel de compromiso que una empresa muestra con el mismo. El diseño del proyecto constituye una fase crítica de su ciclo de vida. Todos los elementos básicos del diseño son importantes y no se pueden ignorar. (Oblitas de Ruiz, 2021) refiere al diseño de proyectos de saneamiento como las actividades que están orientadas para alcanzar el acceso y la

cobertura universal a los servicios de agua potable tanto en los ámbitos urbanos como en los rurales.

2.3.2 Planificación

El Council Supply Chain Management Professionals (CSCMP), este organismo se encarga de describir los “proceso de planeación, implementación, control eficiente y efectivo del flujo de materiales e información, recurso humano, almacenaje y servicios” p. 114 que son indispensables para alcanzar un excelente desempeño dentro de la cadena logística que en este caso inicia en con la necesidad de redes y termina en con obras limpias, y efectuadas en el costo y el tiempo estimado. **Pmbok:** La GUIA PMBOK brindara información acerca de la gestión del tiempo donde definiremos las actividades, secuenciar las actividades, estimar los recursos de las actividades, estimar la duración de las actividades, desarrollar el cronograma.

Inicialmente, las excavaciones pueden ser efectuadas por una o varias técnicas, dentro de las que están la Excavación a cielo abierto y Perforación horizontal dirigida, los criterios de selección se hacen de acuerdo a estudio de costos, tiempos y niveles de seguridad, donde al utilizar sistema, reduce los eslabones de la cadena conformada por proveedores, tiempos.

Por tal motivo, para los sectores de la construcción, incluyendo las instalaciones de ductos en terreno, es fundamental establecer la estandarización de procesos puesto que esto incide directamente en el incremento de la productividad; este sistema se inicia desde el mismo momento en que se firma un acta de inicio para empezar con una planeación, gestión y control que permita lograr la implementación de métodos de trabajo sistematizados que puedan favorecer el desarrollo empresarial.

Se presenta el esquema de la forma que el método de programación, las herramientas de planificación y el método de programación se combinan con la información del proyecto para generar el cronograma deseado para cada proyecto.

El PMI publica las Guías de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos, conocidas como Guías del PMBOK, cuya cuarta edición se publica en el año 2008, la quinta edición se publica en el año 2013, y finalmente la sexta edición se publica en el año 2017.

Se presenta el esquema de la forma que el método de programación, las herramientas de planificación y el método de programación se combinan con la información del proyecto para generar el cronograma deseado para cada proyecto. (Guía del PMBOK Séptima edición)

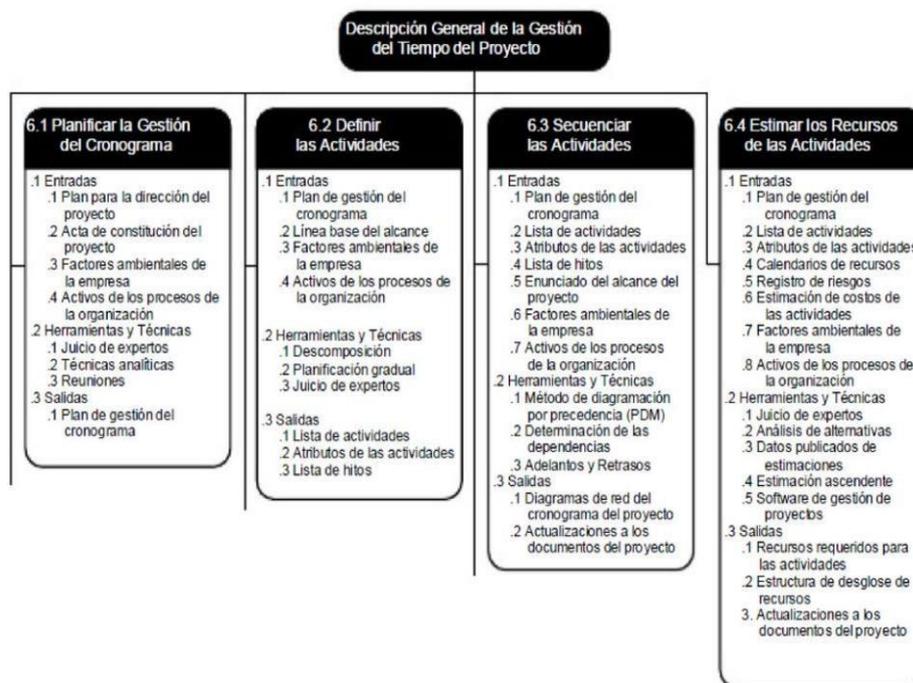


Figura N° 10: Descripción general de la gestión del tiempo del proyecto
Fuente: Guía PMBOK 5th, 2013.

De esta forma el manual PMBOK diseña los pasos a seguir para lograr una gerencia exitosa en la selección de metodologías a seguir dentro de las obras que emprenda, siendo la gestión del tiempo un aspecto muy relevante.

Otro aspecto se trata en el capítulo 7 del manual y la gestión de costos, para lo cual se presenta en siguiente esquema general de actividades.

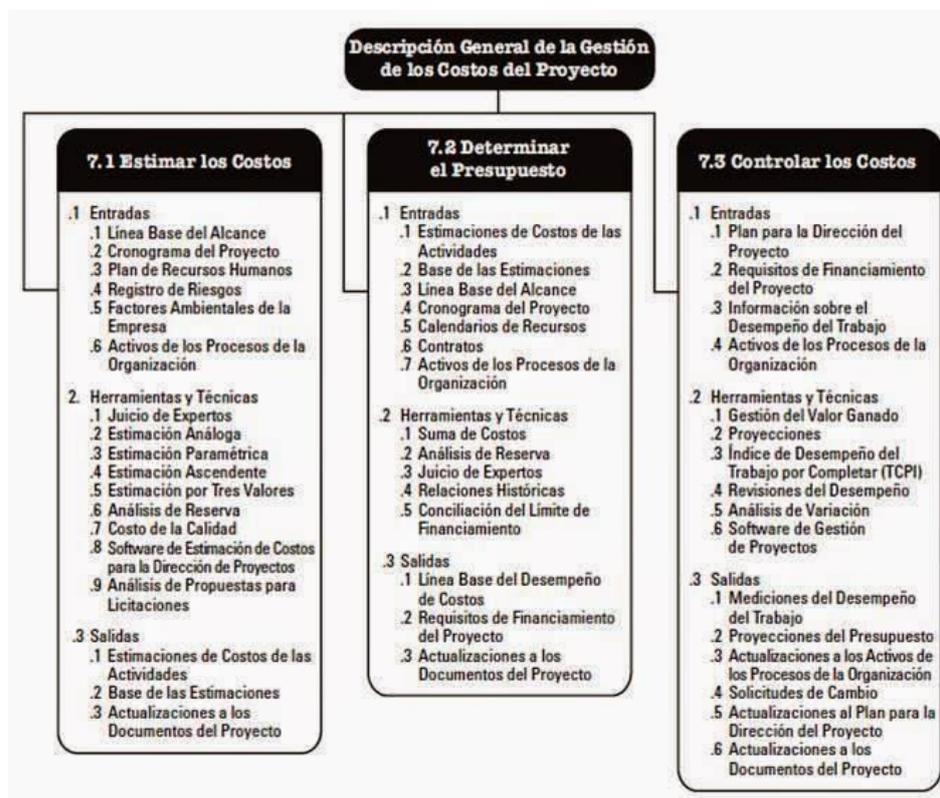


Figura N° 11: Descripción general de la gestión de los costos del proyecto.

Fuente: Guía PMBOK 5th, 2013.

En la interpretación de estas actividades para la selección del método de instalación de redes subterráneas se puede ver que, si se planifican y se estiman correctamente los costos, se tendrá un criterio de comparación para dicha selección, esta planificación se desarrollará en la obra, determinando un presupuesto, que debe ser controlado. Como aspecto general se deben gestionar correctamente las actividades que se contemplan en la figura anterior y se tendrá un ayuda muy valioso para seleccionar el método constructivo a seguir.

2.3.3 Control del proyecto

Los sistemas de gestión de calidad instaurados por las empresas hacen parte desarrollo no solo eficaz sino eficiente de las organizaciones, puesto que influyen en “costos y los niveles de productividad, causando impactos positivos en cada uno de ellos”; de otro lado, facilitan el trabajo desempeñado por los administradores y los gerentes, direccionando las empresas al cumplimiento de los objetivos trazados y a la obtención de resultados satisfactorios. debido a que el desarrollo mundial, genera innovaciones avanzadas en el sector de la tecnología y las comunicaciones

y donde el proceso de globalización obliga a las empresas a acogerse a nuevos y modernos métodos que facilitan el desarrollo de procesos productivos dentro de sus proyectos; se hace necesario entonces, el empleo de tecnología y herramientas que faciliten no solo la gestión de proyectos.

Método Time- Lapse. Este método es utilizado como herramienta, para poder identificar datos productivos en las empresas, especialmente en las pertenecientes al sector de la construcción. El método Justo a Tiempo o Time- Lapse, se entiende como aquel que se “reproduce en un tiempo menor lo sucedido en una obra en un periodo captado en tiempo real”, con este método se puede hallar detalles que pasan desapercibidos durante la realización de las operaciones productivas, dentro de una obra, así por ejemplo; se pueden identificar con precisión detalles del “desempeño de equipos, impacto del clima, causas de accidentes, conformación de cuadrillas de trabajo, evaluación de productividad, pérdidas de materiales, trabajo no contributivo, entre otros”.

Para poder realizar un correcto control se debe lograr establecer un orden metodológico y sistemático de todas las etapas realizadas para poder brindar al usuario un producto terminado pero con todos los estándares de calidad que este requiere; esta idea, es compartida por Harrington⁴⁸ quien señala que las metodologías y herramientas establecidas para retirar actividades que no generan valor agregado a un servicio se centran principalmente, en reducir los tiempos de ciclo, aumentar la eficiencia en los recursos y trabajar en condiciones seguras. Todos los procesos, deben estar debidamente articulados a un ciclo integral de mejoramiento empresarial, que se sustenta en una serie de actividades que comprende un conjunto de acciones que generan resultados.

2.3.4 Productividad

¿Que es la productividad?

La productividad es un indicador económico que nos permite calcular y evaluar la capacidad que tiene la empresa de utilizar sus recursos

disponibles para producir bienes o servicios rentables. Su cálculo nos permite ver cómo una empresa convierte insumos, como mano de obra, materiales, maquinaria y capital, en bienes y servicios o producción en un periodo de tiempo determinado. En pocas palabras, la productividad es lo que mide el desempeño de una organización y las empresas pueden utilizarlo para evaluar su progreso.

En la gestión de la construcción, la productividad consiste en crear más productos y servicios y utilizar menor cantidad de recursos posible; En general, es un indicador del nivel de avance técnico alcanzado. Ya que se emplean correctamente los insumos dentro de cada actividad. (Rodríguez Castillejo & Valdez, 2012), menciona que la productividad está definida por la Organización Internacional del trabajo (OIT) y la determina como aquella forma de utilización de los recursos disponibles para mejorar las actividades en obra.

(Botero, 2006) afirma que en las áreas de construcción existen sectores productivos que transforman los recursos libres de acuerdo a los objetivos planteados. Por ejemplo los insumos a utilizar en excavación se encuentra; mano de obra, herramientas y equipos, mientras que en la perforación horizontal interviene mucho la tecnología y el personal capacitado que juegan un rol importante.

El mejoramiento de la productividad y las principales etapas que conforman el ciclo de la productividad son:

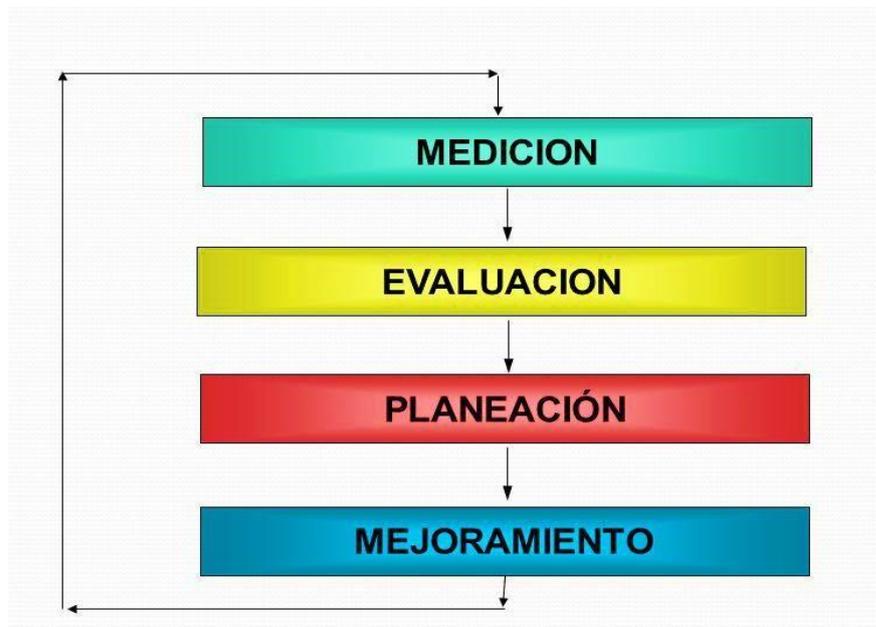


Figura N° 12: Ciclo general de producción

Fuente: Elaboración Propia

- ✚ Medición: Es la información recopilada en el campo o la obra ejecutada, donde se recopilan datos del nivel productivo diario de la cuadrilla lo mismo que de las horas trabajadas.
- ✚ Evaluación: Teniendo presente los datos de la medición, se realizan análisis de los niveles productivos reales diarios para posteriormente ser divididos cada uno de ellos entre la productividad base, lo que permite a la vez establecer los índices de productividad diario; posterior a ello se realiza gráficas.
- ✚ Planeación: Etapa donde se visualizan las futuras metas productivas.
- ✚ Mejoramiento: En esta etapa se realiza la implantación de métodos tendientes a mejorar entre ellos se realiza una mejor distribución de los insumos, o se puede establecer las menores distancias para acortar el tiempo de transporte.

(Ocampo Vélez, pág. 44) las empresas deben resolver sus problemas de gestión desde un punto de vista filosófico, lo que implica el uso de prácticas correctas en el desarrollo de “macroprocesos, procesos, procedimientos, tareas” que permitan la implementación de actividades y ventajas como resultado final para producir la satisfacción absoluta del cliente, en este caso el rendimiento de veces,

costos y condiciones de trabajo seguras, porque al final, exactamente clientes son la razón de ser de la empresa.

Inicialmente, las excavaciones pueden ser efectuadas por una o varias técnicas, dentro de las que están la Excavación a cielo abierto y la Perforación horizontal dirigida, los criterios de selección se hacen de acuerdo a estudio de costos, tiempos y niveles de seguridad, donde al utilizar sistema, reduce los eslabones de la cadena conformada por proveedores, tiempos adecuados, disponibilidad de recursos y panoramas de riesgos que aseguren el trabajo en condiciones seguras.

El autor señala que para lograr un progreso efectivo en los procesos de producción, es necesario establecer un procedimiento metódico y sistemático para todos los ciclos realizados , para proporcionar al consumidor productos terminados , pero con todos los estándares de calidad adecuados; (Harrington, 2017) señala que los métodos y herramientas utilizados para retirar actividades que no agregan valor al servicio tienen como objetivo principal reducir los tiempos de ciclo, mejorar la eficiencia de los recursos y condiciones de trabajo seguras.

¿Cómo mejorar la productividad?

La mejora de la productividad es el logro de un aumento en la cantidad de productos o servicios recibidos mientras se mantiene el mismo nivel de inversión. O podría ser mantener los niveles de producción reduciendo las unidades de inversión. Es decir, cualquier cambio que lleve a un mejor uso de los recursos de la empresa, sin empeorar el nivel de producción de bienes y servicios, podemos obtener una mejora de este indicador. En otras palabras, más ingresos con menos inversión.

La medición de la productividad es un indicador de valor que nos permitirá saber si algo se está haciendo de la manera correcta o no. El uso de este indicador nos permite evaluar el desempeño de la empresa. A la vez que, nos ayuda a ver cuál es nuestra posición con respecto a las metas fijadas por la organización. Además, también es una de las medidas más importantes para evaluar el trabajo humano, el nivel de desarrollo económico y la competitividad de las empresas.

¿Cómo medir la productividad global?

Para empezar, la podemos definir como un indicador que nos enseña la situación real de la empresa con respecto a sus metas y al aprovechamiento de sus recursos. Mediante el cálculo de la relación existente entre lo producido y el total de los diferentes factores de producción invertidos en el proceso productivo. La productividad global, mide el valor de la producción total en un tiempo determinado con respecto al coste de los factores productivos necesarios utilizados para producirlo. Es decir, el cálculo de la productividad global no se basa en unidades producidas, ni tiene en cuenta las unidades del factor de producción invertido. Su cálculo toma como base su valor monetario. Productividad Global = Valor total de la producción (€) / Coste total de la producción (€) (Jesús, 2022)

Productividad global	$\frac{\text{Valor total de la producción}}{\text{Costo total de la producción}}$
-----------------------------	---

Figura N° 13: Formula Productividad global

Fuente: Elaboración Propia

Para la calcular la productividad individual lo realizaremos mediante la siguiente formula: Productividad = Unidades producidas / Insumos invertidos.

Productividad	$\frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Insumos invertidos}}$
----------------------	--

Figura N° 14: Formula productividad individual o por factor

Fuente: Elaboración Propia

Esta fórmula nos permite calcular el índice de productividad individual, por cada empleado, máquina, unidad de tiempo, unidad de capital invertido o global para toda la empresa. Los resultados obtenidos nos permitirán determinar de forma clara y precisa cuál o cuáles de los factores de inversión no están arrojando los

resultados esperados. Posibilitándonos ubicar las debilidades de la empresa y aplicar los correctivos necesarios.

2.3.5 Metodología constructiva

Se debe tomar en cuenta el método de excavación para trabajos de saneamiento, se tiene que tener presente muchos aspectos; uno de ellos son las características del terreno a excavar, longitud de excavación. En el momento de tomar la decisión para elegir un método de excavación es necesario tener presente varios aspectos; sin embargo, se tomará 2 los cuales son las características del terreno a excavar y la longitud de la excavación,

Dentro de estos aspectos se debe tomar en cuenta las maquinarias a utilizar, estas deben ser identificadas, teniendo las características del terreno, verificación de estratos, condiciones geotécnicas y geológicas en el punto de trabajo y que el personal sea suficientemente capacitado y tecnificado.

Apertura con zanja o metodología tradicional.

Las zanjas constituyen excavaciones abiertas y asentadas en el terreno, accesibles a los operarios, y realizadas con medios manuales o mecánicos. La excavación debe hacerse con sumo cuidado para que la alteración de las características mecánicas del suelo sea la mínima inevitable. Su anchura no suele ser mayor a 2 m ni su profundidad superior a 7 m, en cuyo caso se consideraría la excavación un vaciado. (Yepes, Apertura de zanja en la instalación de tuberías).

Las características mecánicas en el son un factor importante al momento de realizar excavaciones, puesto que no se tiene la absoluta certeza de las propiedades que se puedan encontrar en ellos, ya que estos varían según el estrato y longitud; estas propiedades son analizadas muchas veces según tramos a intervenir y se evalúa propiedades del suelo como la cohesión, el peso específico del suelo y el ángulo de fricción, elementos que se deben tener presente en la ejecución de excavaciones.

En obra se puede identificar fácilmente la tipología de suelo cohesiva es aquel suelo arcilloso que tienden a tener granos finos, en la práctica un

suelo de este tipo es aquel que se deja amasar entre los dedos y se deshace al aplicar una fuerza sobre él.

Cuando se habla de un suelo no cohesivo se habla de suelos compuestos por arena, limos y grava; se caracterizan porque en presencia de agua adquieren cierto grado de cohesión, pero al diluirse el agua y secarse pierden esta propiedad y se desmoronan.

Es por ello que los estudios previos a trabajos de excavación son importantes puesto que favorecen la adopción de diseños adecuados, entre estos estudios se deben incluir la naturaleza de los materiales, las zonas de turbas o de arcillas, las zonas de nivel freático muy superficial, las zonas de rocas alteradas, las zonas inundables, la naturaleza de los materiales a excavar.

Se clasifica las excavaciones de cielo abierto en dos:

Excavación con Sistema de retención.

Esta excavación pertenece a una excavación que puede ser realizada de forma manual o con maquinaria para tramos largos y angostos. Se debe tener en cuenta la profundidad crítica, la cual es la profundidad máxima a que se puede excavar sin requerir refuerzos. Se realiza con la finalidad de colocar líneas de tubería de saneamiento, electricidad, drenaje o telecomunicaciones. Se debe contar con un sistema de retención para evitar derrumbamiento de suelo.

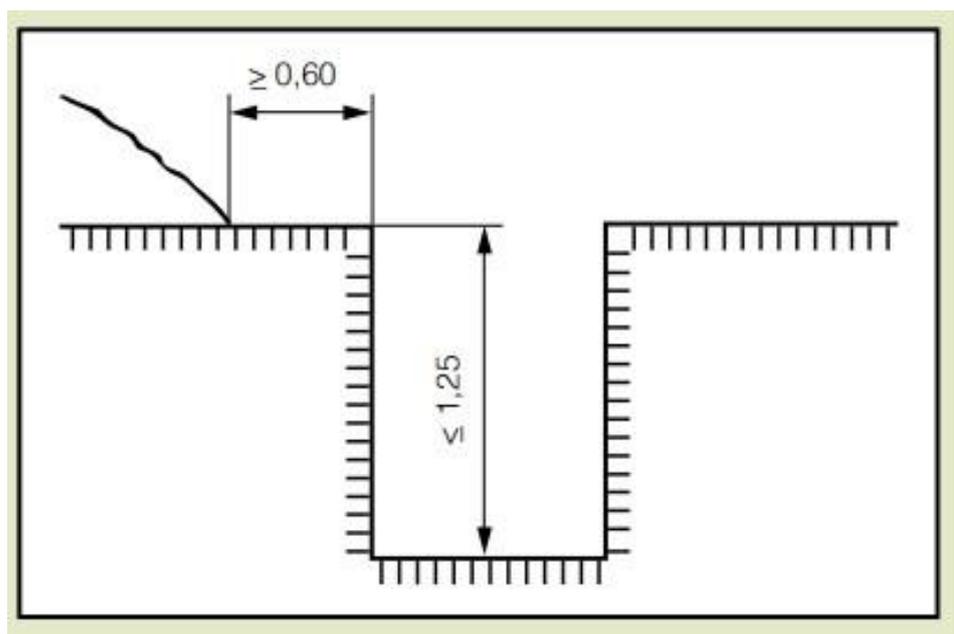


Figura N° 15: Excavación de zanja.

Fuente: OSALAN – Seguridad en los trabajos de zanja.

Las excavaciones masivas se realizan combinando métodos mecanizados con trabajo manual y por lo general se trata de volúmenes importantes de material a remover. Se debe tomar en cuenta la estabilidad de taludes.



Figura N° 16: Excavación con zanja. Fuente: OSALAN – Seguridad en los trabajos de zanja.

Excavación con Sistema sin retención

Aquí abundan las excavaciones superficiales que se realizan en terrenos de índole suave. Para realizar estas excavaciones se usa mucha mano de obra y esfuerzo físico.

Cuando se realiza una excavación con una profundidad pequeña, se encuentra que su desarrollo se puede ejecutar en un tiempo corto y por tanto los niveles de costos se reducen, debido al no empleo de “un sistema de retención”. (Hector, 2010).

Trenchless technology o tecnología sin zanja

Las Tecnologías Sin Zanja (TSZ, s), son aquellas que, aplicadas a un contexto de obra civil, nos van a permitir rehabilitar y sustituir redes existentes, así como construir nuevas redes, con la mínima intervención de demoliciones y excavaciones, que conllevan directamente a ostensibles reducciones en materiales de relleno y de pavimentaciones. Por tanto, con

las mínimas afecciones sociales (a través de la reducción máxima de movimientos de maquinarias, de afecciones a tránsito de vehículos y personas, de eliminación de aparcamientos en calle, de interferencias a empresas y comercios de la zona, reducción de ruidos, de polvo, etc.) y las mínimas afecciones medioambientales (reducción drástica del uso de materiales de aportación para los rellenos y pavimentaciones y de la gestión de residuos, y reducción general de la huella de carbono). Sin olvidar, muy importante, la ostensible mejora en las condiciones de seguridad de los operarios, al reducir el trabajo en zanjas, así como de externos a la obra, al reducir las superficies de actuación a nivel de vía urbana. En algunas de ellas, dependiendo de la posibilidad de acceso y dimensiones, incluso se elimina toda la obra civil, con lo que ello supone. Ni que decir tiene, a la vista de todo lo comentado, que las comparativas económicas entre ambos tipos de ejecuciones, se decantan –salvo raras excepciones- hacia las TSZ, s y con diferencias más que notables. (Miguel, 2019)

La tecnología sin zanja tiene tres parámetros principales respecto a la metodología principal que las hace únicas e imprescindibles en el mundo de la dotación de agua, siendo sostenible, moderno e inteligente:

Reducen en gran medida los costes sociales.

Es un factor clave en la lucha contra la contaminación global y el cambio climático.

Es partícipe en el marco de la economía circular puesto que reduce el consumo y preserva las materias primas al tratarse de una metodología limpia, eficiente y ambientalmente aceptable.

Otro de los beneficios que aportan estas metodologías a la sociedad es la sostenibilidad medioambiental al ser consideradas tecnologías verdes, reduciendo emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, así como la minimización de la contaminación auditiva. El objetivo principal es limitar el aumento de la temperatura global en menos de 2°C. (Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja, 2021)

Por ese motivo, las tecnologías sin zanja son consideradas

“ecológicamente racionales” en el programa Agenda 21 de la ONU, ergo, el problema de estas metodologías es que se conocen desde hace varios años atrás, pero por no tener la correcta difusión, su aplicación se complica. Por ello es que esta metodología necesita un impulso por parte de los gestores y empresas que desean implementar dicha tecnología para su utilización.

Un factor importante que reside en la aplicación de esta tecnología es evitar los accidentes, ya que como es de conocimiento la excavación con zanja corresponde a la utilización de medidas de seguridad adicionales como entibados, protección de taludes, permisos especiales, procedimientos, entre otros.

Se destacan las siguientes metodologías:

Métodos de compactación de suelo (SC)

Perforación empujada (Thrust Boring).

Perforación percusiva por impacto (Impact mole).

Perforación horizontal dirigida (Horizontal Directional Drilling – HDD).

Perforación por golpeo (Pipe Ramming).

Perforación horizontal con tubo Sin-fin (Horizontal Auger Boring – HAB).

Hincado de tubería (Pipe Jacking – PJ).

Excavación con microtuneladora (MT).

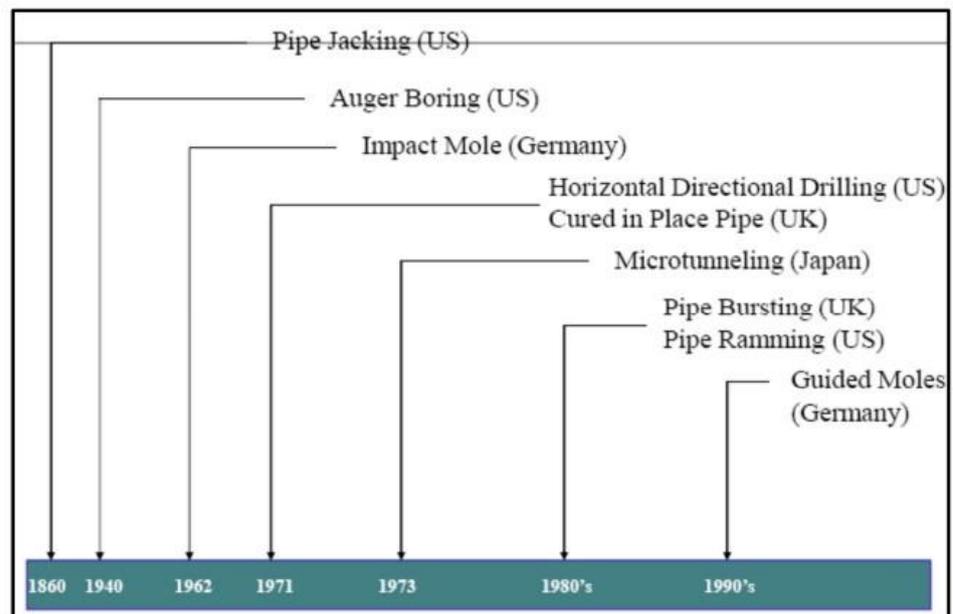


Figura N° 17: Línea de tiempo del desarrollo de la tecnología sin zanja
Fuente: iAqua.

Perforación horizontal dirigida

La perforación horizontal dirigida es una técnica de construcción de reciente aplicación que posibilita la instalación subterránea de infraestructura de servicios sin la necesidad de realizar zanjas cuando, por requerimientos del proyecto geométrico del trazo de la línea de conducción, se deben salvar cruces con diversos obstáculos, ya sean naturales (ríos, áreas ecológicas o de protección, zonas pantanosas de difícil acceso, etcétera) o artificiales, es decir, creados por el hombre (vías de comunicación en tierra y núcleos urbanos). (Ramos Trejo, 2017)

La perforación dirigida en sentido horizontal es una forma de tecnología de instalación sin zanjas. Los equipos y procedimientos están diseñados para minimizar los daños en superficie, la reconstrucción y la interrupción de tráfico vehicular o marítimo, con poca o ninguna interrupción de las demás tuberías o servicios existentes. (Guía técnica colombiana, 2012).

La industria de la perforación horizontal dirigida se divide en cuatro grandes sectores, perforación de diámetro especial (Mega-HDD), perforación de gran diámetro (Maxi-HDD), perforación de diámetro mediano (Midi-HDD) y perforación de pequeño diámetro (Mini-HDD).

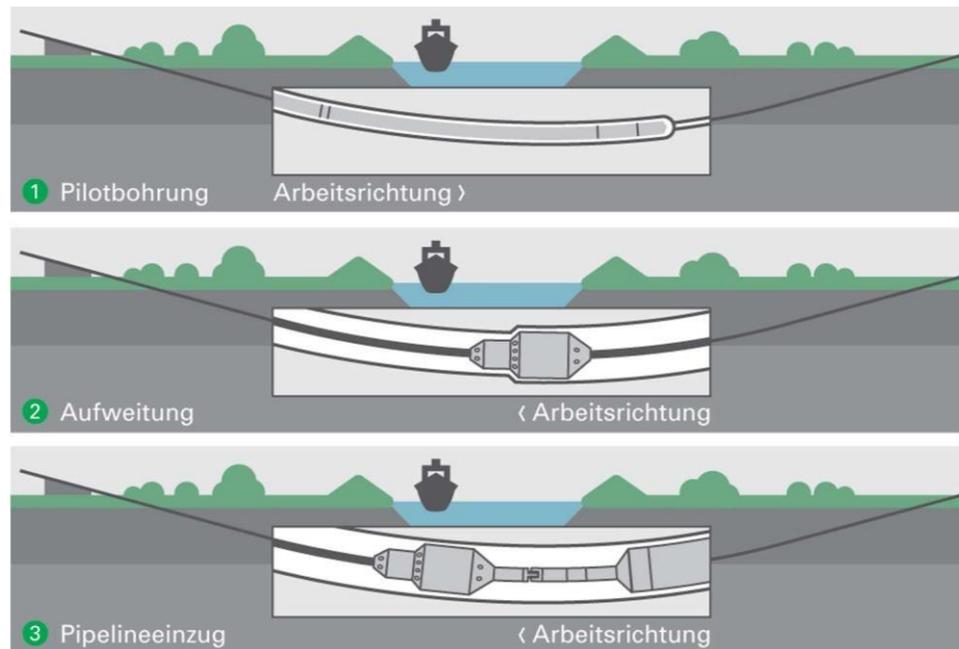


Figura N° 18: Esquema general de la perforación horizontal dirigida.
Fuente: Interempresas.

Taladro de perforación

Actualmente existe una gran variedad de máquinas empleadas en la perforación horizontal dirigida. En la Tabla 1 se recoge una clasificación en función de la fuerza máxima de tiro, el par máximo y el peso (Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja, 2021)

Más del 90% de las máquinas se pueden clasificar como pequeñas o medianas, con una fuerza máxima de tiro de 250 kN. Con estas características, se pueden colocar diámetros que oscilan entre los 50 mm y los 2200 mm, e incluso llegar a 3 km de conducción si se dan las circunstancias favorables. Aunque las máquinas estándar y más versátiles del mercado suelen tener 500 kN de tracción, las mayores tiran unos 2000 kN. (Yepes Piqueras, 2016).

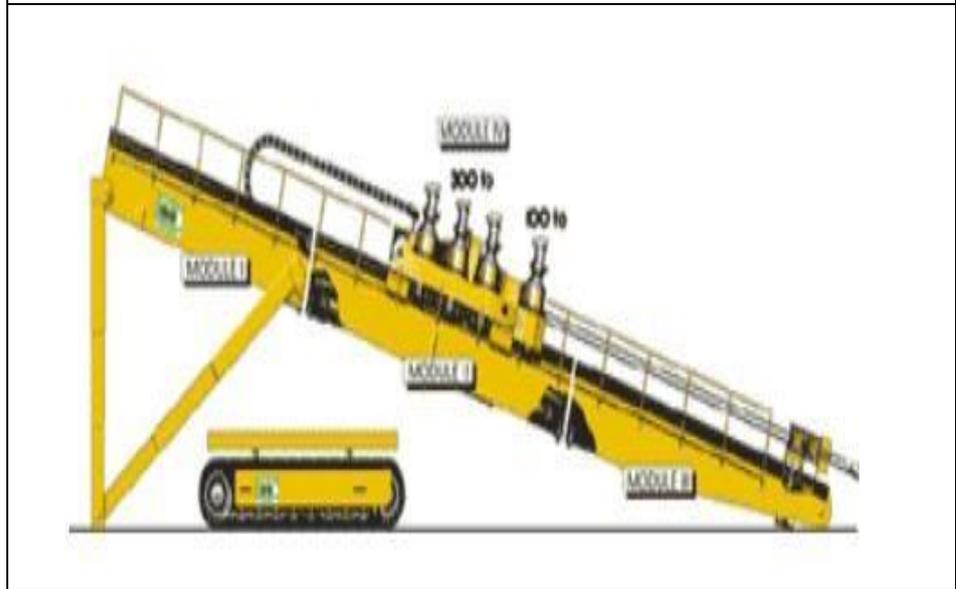
Tabla N° 1. Clasificación de máquinas para perforación horizontal dirigida.

Tipo	Fuerza máxima de tiro (kN)	Par máximo (kN)	Peso (t)
Mini		< 10	< 10
Midi	> 150 hasta 400	10 – 30	10 – 25
Maxi	> 400 hasta 2500	30 – 100	25 – 60
Mega	> 2500	> 100	> 60

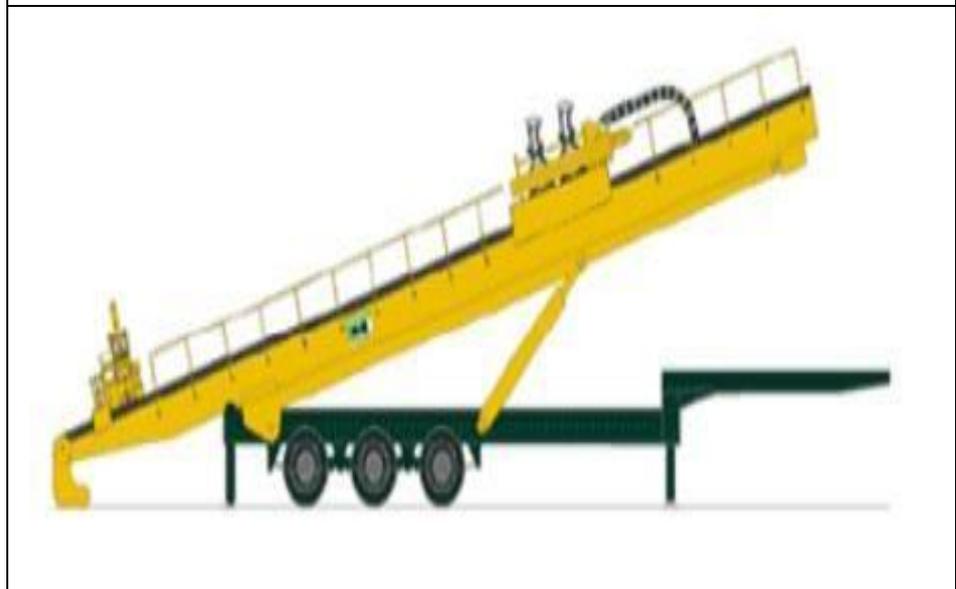
Fuente: ISBTT, 2013.

Tabla N° 2. Tipos de perforadoras direccionales

MODULAR



SOBRE TRAILER



SOBRE ORUGAS



Fuente: Herrenknecht, 2022.

Sarta de perforación

Son componentes metálicos armados en secuencia que conforman el ensamblaje de fondo y la tubería de perforación, a fin de cumplir las siguientes funciones:

Conducir el fluido en su ciclo de perforación

Darle verticalidad o direccionalidad al túnel de perforación

Proteger a la tubería del pandeo o torsión

Darle profundidad al túnel



Figura N° 19: Configuración de sarta de perforación.
Fuente: Propia.

La sarta para los trabajos de perforación horizontal dirigida se conforma por las siguientes herramientas:

Acople de tubulares

Se fabrican en diversidad de tamaños y en variedad de formas de roscas según el requerimiento del proyecto y especificaciones del taladro de perforación, así como el sistema de lodos.

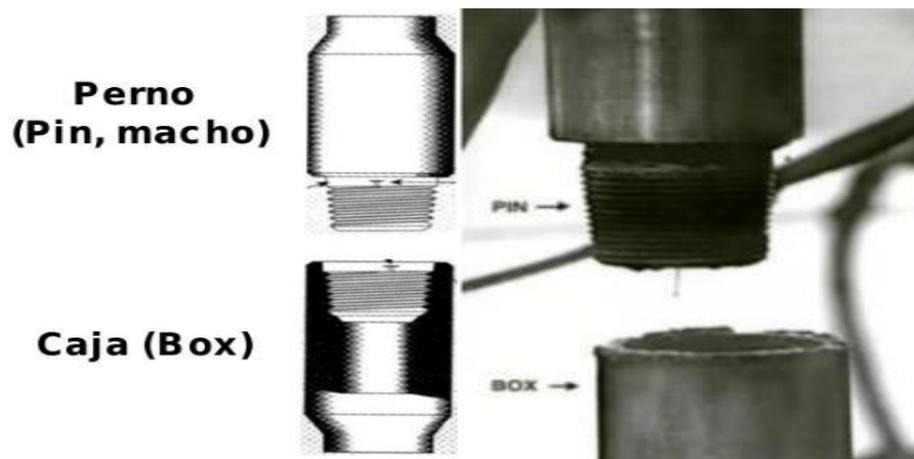


Figura N° 20: Tipos de conexiones.
Fuente: PEMEX / Schlumberger Barrena

Son los cabezales de perforación que van como actor principal en las actividades de operación, estos pueden variar de acuerdo al tipo de terreno para el cual serán utilizados.



*Figura N° 21: Broca de perforación, tipo pala para terreno arenoso.
Fuente: Propia*

Barra de perforación

Es una barra hueca con rosca en toda su longitud, obtenida mediante laminación en frío de un tubo liso, estas barras son las que ingresan al túnel al realizar las actividades de perforación. Las medidas de las roscas y longitudes pueden variar según el requerimiento.



*Figura N° 22: Barras de perforación Fuente:
Aguilar & CIA (2015).*

Herramientas auxiliares

Son herramientas que son usadas específicamente durante la perforación y cumplen un rol importante, éstos pueden ser: Aumento de diámetro de perforación, estabilizadores, conector de barrena, etc.



Figura N° 23: Herramientas auxiliares de perforación. Fuente: Aguilar & CIA (2015).

Sistema de circulación

Una característica única de la perforación rotatoria es el bombeo del líquido de perforación al fondo del pozo para recoger los cortes hechos por la barrena y devolverlos al inicio de perforación, pero no solo estos recortes son los que se llevan a la superficie, al mismo tiempo se levantan las partículas sólidas de las caras del túnel de las formaciones que va atravesando. (Martínez, 2014)

El fluido de perforación es un líquido o gas que recorre a través de la sarta de perforación y llega hasta la barrena o cabezal y regresa a la superficie de ingreso a través del espacio anular de la barra de perforación, éste concepto es parte fundamental para el éxito de una perforación.

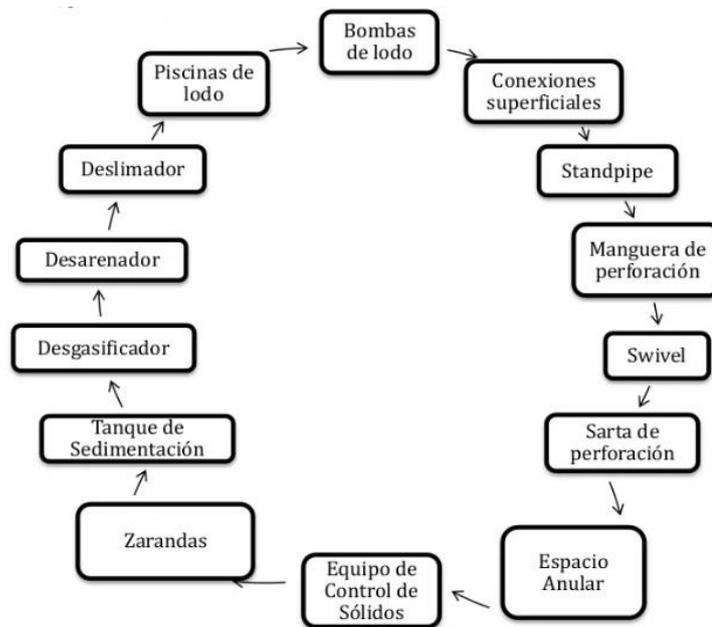


Figura N° 24: Esquema de ciclo de circulación Fuente: Martínez (2014).

Lodo de perforación

Es un fluido de características físicas y químicas según el diseño de la perforación, su función es remover el ripio de formación del túnel, puede estar conformado a base de aire, agua, petróleo o combinaciones de agua y aceite.

Uno de los elementos claves para lograr el éxito de una perforación es el uso correcto de lodos de perforación y su correcta aplicación. Debe cumplir las siguientes:

Enfriar y lubricar la broca de perforación.

Limpiar la broca y el túnel de perforación.

Suspender los sólidos y transporte de los recortes y detritus de perforación.

Estabilización del túnel de perforación y control de presiones subsuperficiales.

Evaluación de datos geológicos superficiales y evaluación de formación.

Durante la perforación, el fluido es inyectado en la sarta de perforación y a través de pequeños agujeros en la broca, llamados boquillas o *nozzles*.

La broca y los *nozzles* son diseñados con la finalidad de que el fluido limpie y aleje los recortes de la broca. El fluido, con los cortes suspendidos, entonces fluye de regreso a la superficie en el anular entre la sarta de perforación y la formación.

En superficie, los cortes son separados del fluido, los cortes que contienen líquido retenido son colocadas en pozas para su posterior tratamiento y disposición. El fluido separado es por tanto reciclado y reinyectado en la sarta de perforación.



Figura N° 25: Asistencia de técnicos de fluidos de perforación. Fuente: Propia.



Figura N° 26: Tanque mezclador de lodos. Fuente: Propia.

Sistema de navegación y guiado

El desarrollo de la perforación horizontal dirigida se ha basado fundamentalmente en las innovaciones realizadas en los sistemas de navegación y seguimiento de la perforación. La navegación permite conocer con precisión la localización de la punta de perforación, esto permite que conozcamos en todo momento la localización, dirección y profundidad de la cabeza.

En la barra de perforación inicial se le coloca una sonda que emite señales que son recogidos por un software, el cual nos brinda la información. Este sistema es denominado Walk-over, el cual es capaz de obtener las señales sin acceso directo sobre el transmisor, este sistema es el más usado en la metodología de perforación horizontal dirigida.

En ocasiones, el seguimiento del transmisor desde la superficie se dificulta debido a obstáculos que puedan estar en el camino tales como: mar, ríos, edificaciones, etc. En estos casos se utiliza un sistema de cable llamado Wire-line, el cual se utiliza cuando en la ejecución se desea mayor exactitud y precisión como cruces de mayor longitud.

Cuando se trata de situaciones complejas, como por ejemplo una perforación horizontal dirigida costa fuera, es imprescindible contar con un guiado por cable magnético, basado en alimentación de corriente alterna, impulsada por una fuente de alimentación pequeña y liviana que depende de un cable económico de calibre liviano, el cual en conjunto con la sonda y el guiado magnético proporciona una referencia independiente que verifica la precisión de los estudios. Esta señal magnética generada permite el seguimiento en profundidades extremas de hasta 1500 pies, lo que permite conocer el tiempo real el posicionamiento del cabezal de perforación, lo cual se traduce en perforaciones más precisas con el mínimo riesgo absoluto de costosos errores de precisión.

Este sistema ahorra dinero al reducir significativamente el tiempo de configuración y medición, al mismo tiempo que ofrece una calidad de inspección superior a profundidades más profundas o en entornos

magnéticamente ruidosos en comparación con Sistemas alimentados por CC. (Vector Magnetics, 2018).

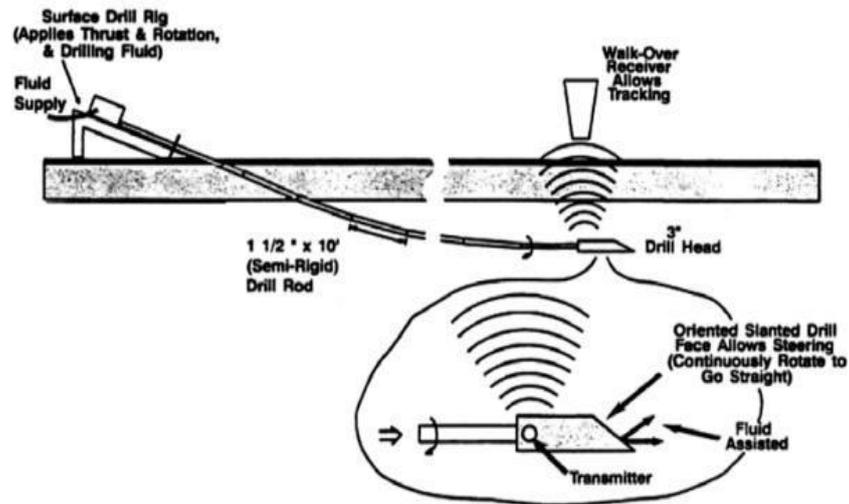


Figura N° 27: Sistema de guiado en perforación horizontal dirigida
Fuente: Mínguez, 2015.

Como muestra la figura N°27, la perforación se va monitorizando y maniobrando por un detector que va recibiendo la señal por la sonda que se encuentra instalada en un *housing* o portasonda ubicado en la parte trasera de la broca, la cual va guiando el cabezal según el diseño planteado.

Proceso constructivo de perforación *Perforación*

piloto:

Consiste en perforar siguiendo el trazo diseñado, conectando la cata de entrada con la cata de salida de la perforación. Para ello se utiliza un cabezal direccionador que permite cambios de orientación, junto con un varillaje especial que admite estas desviaciones.

Desde la fosa inicial se introduce en el terreno el cabezal direccionable que está unido a un varillaje que por donde se inyectan lodos, de esta manera se consigue el avance de la perforación. Para obtener más poder erosionador se aumenta la velocidad de la inyección de lodos a presión regulada y con la ayuda de la punta de perforación, se encargan de excavar el terreno y transportar detritus perforado por el túnel hasta el punto de entrada. (Catalana de Perforacions, 2018).

La orientación del cabezal está conducida en todo momento por sistemas de navegación adecuados al tipo de trabajo, que permite conocer

exactamente, y en cada instante la localización de la punta de perforación, su inclinación y otros datos. (Catalana de Perforacions,2018).



Figura N° 28: Inicio de perforación piloto Fuente: Catalana de Perforacions, 2016.

Ensanchamiento de túnel

Esta etapa se realiza una vez finalizado el agujero piloto, en sentido inverso se jala del ensanchador, cuando dicho cabezal llega a la fosa de salida, se instala un cortador con el diámetro requerido, el cual puede realizar una o más pasadas de acuerdo al diámetro final deseado. Ya con este diámetro obtenido, se realiza una limpieza final como actividad previa a la instalación del producto a instalar por el túnel.

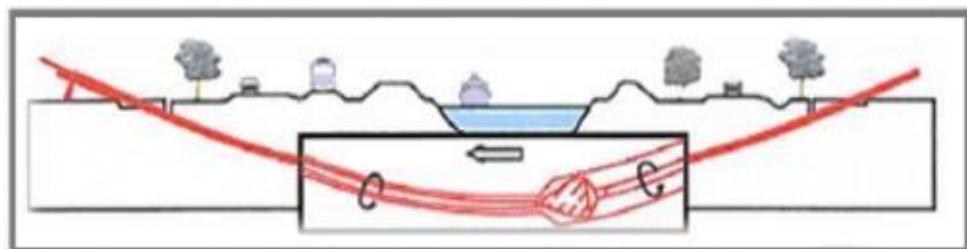


Figura N° 29: Trabajos de ensanchamiento. Fuente: Zamorana, 2016.



Figura N° 30: Inicio de ensanche con escariador de 42''. Fuente: Propia.

Halado de tubería

La tubería a instalar se alinea y se asegura justo detrás del ensanchador y se introduce en el interior de la perforación tirando de ella a través de un cabezal de halado, el túnel al estar con la suspensión de lodos actúa como medio deslizante haciendo que se reduzca la fuerza de rozamiento.



Figura N° 31: Halado de producto final, tubería HDPE. Fuente: Catalana de Perforacions.

Perforación horizontal dirigida costa afuera, *beach approach u offshore*

La perforación horizontal dirigida es la técnica habitual para la ejecución de emisarios y tomas de agua de mar. Al ser una técnica subterránea se evita trabajar en la zona marítima, de difícil maniobra y siempre expuesta a daños causados por temporales, al mismo tiempo que se protegen zonas de especial valor ecológico.

Las ventajas de este sistema es que permite la instalación de tuberías, manteniendo un control absoluto sobre la trayectoria de la perforación, pudiendo alcanzar grandes longitudes con mucha exactitud, ya que su orientación es controlada en todo momento mediante sistemas de navegación antes mencionado en este trabajo de investigación.

Esta variante de perforación es la que se tiene como objeto de estudio, al ser una perforación horizontal especial, se cuentan con más recursos en su utilización en el extremo de mar, tales como personal marítimo, embarcaciones, estaciones de buceo, entre otros. (Catalana de Perforacions, 2019).



Figura N° 32: Tubería preparada para halado.

Fuente: Tedagua.

Aplicación de la perforación horizontal dirigida en la planta de tratamiento de aguas residuales Pachacútec en Ventanilla.

El método escogido para realizar el túnel es la perforación horizontal dirigida, ya que para los diámetros estudiados presenta un funcionamiento muy adecuado. Alojado en toda la longitud del túnel se dispondrá la tubería, que tiene un diámetro exterior de 710 mm, PN6 y SDR 26 ($e=27,2$ mm). Con el espesor definido, queda garantizada una colocación segura en el interior del túnel y posibilita un fondeo en el que los esfuerzos que se generan son asumibles por la tubería. Para el tramo en túnel se tiene la siguiente sección.

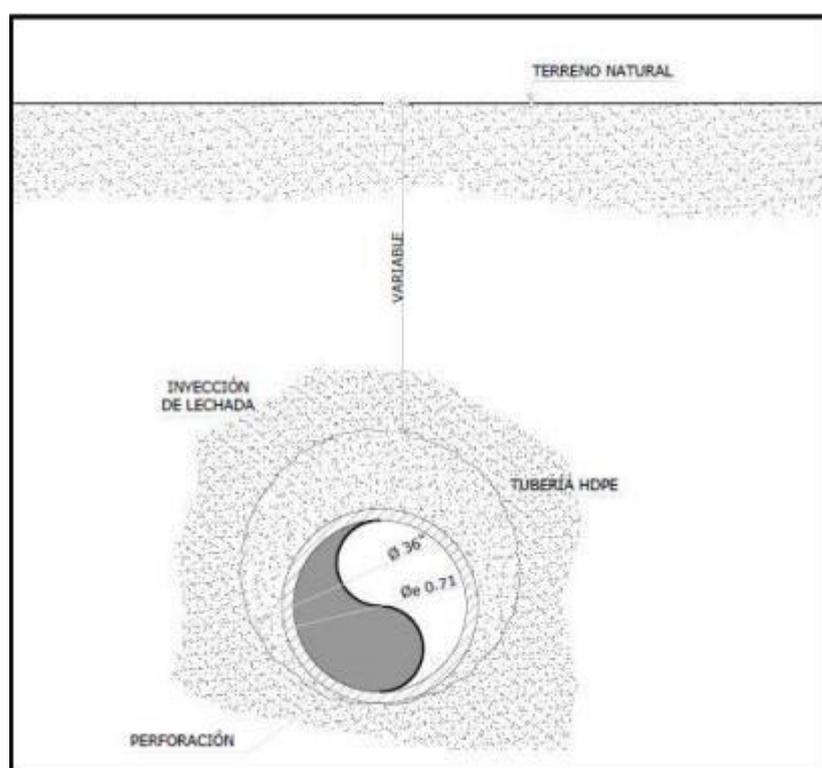


Figura N° 33: Sección transversal tramo túnel Fuente: SEDAPAL.

Instalar la tubería de 28 pulgadas utilizando el método de “beach approach” por perforación horizontal dirigida es posible dentro de las características de HDD proporcionadas y puede ser considerada como una técnica viable para la instalación del tubo de HDPE. Una lista general de las ventajas de este método se muestra a continuación.

La vida útil esperada de la tubería de HDPE instalada por HDD bajo tierra, es mucho mayor que el de otros materiales de tubería instalados por otros métodos ya que el exterior del tubo no será expuesto a la degeneración causada por los efectos del entorno fluvial.

- El paisaje seguirá siendo el mismo después de la instalación del tramo de tubería dado que toda la lingada estará totalmente bajo tierra.
- No habrá cambios o contaminación en el entorno de playa ya que no hay necesidad de abrir zanjas.
- Ecológicamente hablando; el HDD es el método menos agresivo debido a la capacidad de fácilmente reciclar y finalmente disponer de todo el lodo de perforación y residuos generados en tierra.

Procedimiento para la preparación del sitio de perforación horizontal dirigida.

Para esta etapa inicial del proyecto, la consideración a tener es que la preparación inicial del terreno (limpieza, nivelación, compactación, delimitación y marcaje) se desarrolle con anticipación para empezar las actividades de perforación.

Preparación del lado de entrada y salida (Rig Side y Pipe Side) para el HDD.

Una importante tarea preliminar antes de la iniciación de la perforación es la preparación de la zona de entrada, esto consistirá en excavar un hoyo de entrada de alrededor de 2~3 metros de profundidad con una inclinación de 30° que va todo el camino hasta la superficie facilitando el acceso para cualquier trabajo inicial que el personal podría tener que realizar, a fin de alinear la herramienta de perforación en el punto exacto de entrada deseada, entre otros. Otra actividad importante es la construcción de un canal de lodo superficial para conectar esta primera fosa con una segunda fosa (40m³ de capacidad aprox.) que será destinada a almacenar el lodo de perforación para su posterior reciclado y re-inyectado a la perforación, además de contener cualquier exceso de lodo de perforación (en un momento dado de la misma) y así evitar cualquier impacto ambiental debido a fuga de lodo fuera del área de trabajo.

En ambos lados (entrada y salida en barcaza) se ubicarán bombas de lodo (mud pumps) y unidades de reciclado de lodo y tratamiento de sólidos (Reclaimer uñis / cleaning units para garantizar un uso eficiente del fluido de perforación y la capacidad de contener y manejar cualquier posible riesgo y contingencia de derrame. Las fosas de entrada serán acordonadas y contarán con los requisitos mínimos de seguridad y kits de primeros auxilios ya que éstas son las principales zonas que concentran personal de trabajo.



Figura N° 34: Layout general de la zona de entrada.

Fuente: SEDAPAL.



Figura N° 35: Zona de entrada o Rig Side.

Fuente: Propia.

Plataforma y diseño de anclaje de la máquina.

Para el comienzo de los trabajos de perforación direccional es necesario que previamente se haya construido una plataforma de lanzamiento de al menos 50 x 50 metros con material de banco mejorado y compactado al 90% Proctor. Dadas estas condiciones, se realiza una compactación inicial con rodillo vibro compactador hasta alcanzar la densidad máxima adecuada como indica líneas arriba, luego se recurre a una conformación o refine mediante la motoniveladora.

Para este proyecto y por las fuerzas esperadas de halado el método de anclaje seleccionado,

de acuerdo con la suposición de principalmente suelos rocosos, será de cuatro (04) columnas distribuidas alrededor de la zona del “deadman” (placa de anclaje) que serán colocados a través de los orificios cuadrados en deadman y serán hincados en el suelo con el cucharón de la excavadora en cada esquina de la parte frontal de la máquina, las dimensiones de las columnas de anclaje serán de aproximadamente 5 metros de largo con un perfil H de 12” x 12”, finalmente el anclaje de la maquina será un esquema parecido a de la Figura N°36 que se muestra a continuación:

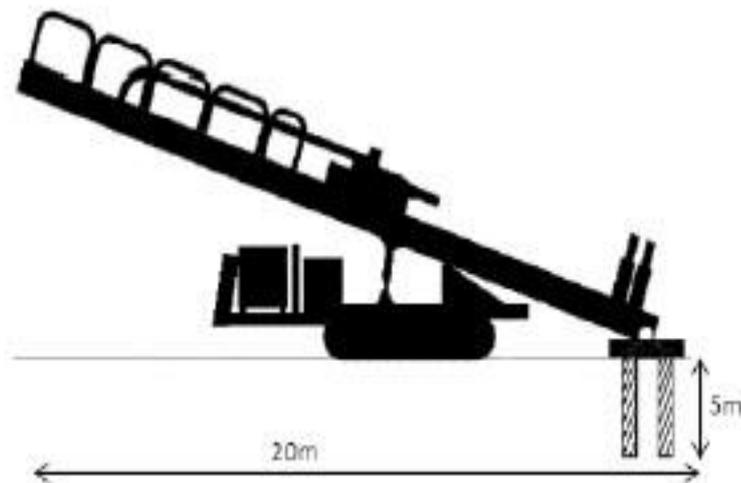


Figura N°36: Anclaje de la máquina perforadora Fuente: SEDAPAL.

Para el suministro de agua dulce necesaria para las actividades de perforación, estará disponible las 24 horas del día un camión cisterna (pipa

de agua) de 30.000 litros de capacidad, que se enviará al suministro de agua más cercanos y así asegurar el flujo de agua suficiente para satisfacer las necesidades según el avance de la perforación.

Longitud de HDD y cantidad de varillas de perforación a ser utilizadas

La longitud de la perforación, de acuerdo a los planos del proyecto es de 350.85m para el túnel sur y 352.97m para el túnel norte; para este tipo de trabajos (HDD diámetro $\geq 16''$ y $L \geq 300$ m) los tubos que se utilizan son generalmente de 9.5 metros de largo, por lo tanto, el número de barras de perforación a usar es:

TÚNEL NORTE

$$N_{rods} = \frac{L_{HDD}}{L_{rod}} = \frac{350.85}{9.5} \longrightarrow \boxed{N_{rods_{BEACH APPROACH}} = 37}$$

TÚNEL SUR

$$N_{rods} = \frac{L_{HDD}}{L_{rod}} = \frac{352.97}{9.5} \longrightarrow \boxed{N_{rods_{BEACH APPROACH}} = 38}$$

En este caso y debido a la longitud de la perforación, se deben usar el doble de barras más las necesarias para salir del fondo del mar hacia la barcaza, es decir, son necesarias un aproximado de 90 a 100 barras de perforación para garantizar la operación.

Requisitos de caudal de fluidos de perforación

Los fluidos de perforación ayudarán a completar el trabajo debido a sus características especiales, cuando se agregan los polímeros ayudan a la contención y el refuerzo de las paredes de los túneles, la extracción del material de recorte y, finalmente la lubricación y el control del calentamiento de las cortadoras.

Este caudal se calculará con base en el diámetro máximo a expandir el túnel que será de 42", siendo esta situación la más crítica, para la demanda de caudal de la bomba a ser seleccionada; utilizando la siguiente fórmula:

$$Vol = \frac{(D_{max})^2}{25} = \frac{42^2}{25} \longrightarrow \boxed{V o l_{s o i l} = 70.6 \text{ gal} / hdd \text{ ft}}$$

Los tubos de perforación son de 9.5 metros de largo, siendo conservadores y estimando un tiempo crítico de halado (cuando es más rápido) para cada barra de perforación de 4 min en el ensanchado de 42”, conseguimos una velocidad de 2.38 m/min o 7.79 ft/min. Finalmente, para el momento más crítico será necesario la siguiente bomba:

$$Q_{pump} = Vol_{soil} * V_{pull} = 70.6 \text{ gal/ft} * 7.79 \text{ ft/min} = 550 \text{ gpm}$$

Los fluidos de perforación, polímeros y aditivos para minimizar el riesgo de Frac-out (hydrofracture).

Los fluidos de perforación (polímeros y aditivos) son necesarios para lograr la estabilidad del agujero, mejorar la eficiencia de perforación, revestimiento del agujero y maximizar la extracción de recortes. Por lo tanto, es muy importante la correcta lectura de las muestras de suelos y así seleccionar el producto más adecuado de acuerdo con el actual suelo para optimizar los resultados, uso de recursos y más importante evitar derrames de lodos evitando la aparición de frac-out.

Suelos arenosos: se utilizarán los siguientes

1. MAX-GEL: Es una bentonita de Wyoming de primera calidad de 220 bbl mezclada con extendedores especiales, fácil de mezclar para aplicaciones de perforación con agua dulce y perforaciones de cateo. La dosificación a utilizar es: 25 - 30 lb / 100 gal (en función de las necesidades sobre el terreno el producto AUS GEL podría utilizarse en concentraciones inferiores para los suelos de arcilla).

2. XAN-BORE: Es un polvo de biopolímeros de alta calidad diseñado para proporcionar la máxima suspensión de recortes durante la limpieza del agujero para instalaciones por HDD.

XAN-BORE se agregará a los fluidos bentónicos con base pre-hidratada, porque se puede utilizar tanto en agua dulce como salada.

La dosificación a utilizar es: entre 0,5 - 2 lb / 100 gal de fluido bentónico.

3. EZEE PAC R: Este es un polímero de celulosa polyanionico, que es un reductor de filtrado extremadamente eficaz en agua fresco o agua salada. También actúa como un disolvente en baja concentración. Este polímero es particularmente eficaz para este proyecto, ya que puede ser utilizado en cualquier tipo de fluido de perforación a base de agua, incluidas el agua saturada de sal, es efectivo para reducir la pérdida de filtrado (evitar frac outs) sin aumentar la viscosidad.

La dosificación a utilizar es: 2 - 5 Kg/m³ (en función de las necesidades sobre el terreno /control de frac outs)



Figura N°37: Bentonita de alto rendimiento. Fuente: Propia



Figura N° 38: Almacén de fluidos de perforación (XAN BORE, PAC R).

Fuente: Propia

Formaciones de arcilla: se utilizarán los siguientes

1. LIQUI SPERSE: Es un diluyente polimérico diseñado para deflocular lodos de bentonita de manera efectiva y controlar las propiedades reológicas.

El tratamiento que se utiliza: 1 cuarto de galón / 100 gal de fluido bentónico.

2. BIT GUARD: Es un lubricante a base de aceites vegetales el cual potencia la velocidad de penetración actuando sobre las superficies y está diseñado para utilizarse en sistemas de fluidos base agua. Sus propiedades fueron diseñadas para actuar sobre las superficies de brocas de perforación. El tratamiento que se utiliza: 1 - 4 cuarto de galón / 100 gal de fluido bentónico

3. AMC DET: Es una mezcla concentrada de surfactantes que son altamente efectivos para recubrir superficies metálicas, diseñado para reducir la tensión superficial en fluidos a base de agua y reducir la tendencia de las arcillas a adherirse a las superficies metálicas, incluida la sarta de perforación.

El tratamiento que se utiliza: 1 – 3 Lt / m3.



Figura N° 39: Uso de aditivos de perforación. Fuente:

Propia

Total del material que se retirará del agujero.

En base al diámetro final del túnel (42") y las longitudes de cada túnel podemos calcular la cantidad total de suelo a ser removido.

TÚNEL SUR

$$Vol_{removed\ soil\ 24"} = A_{tunnel} * L_{HDD} = 0.893 * 350.85 = 313m^3$$

TÚNEL NORTE

$$Vol_{removed\ soil\ 24"} = A_{tunnel} * L_{HDD} = 0.893 * 352.97 = 315m^3$$

Una vez que el lodo de retorno pasa a través de la máquina de reciclaje de lodo, los recortes sólidos serán en proporción a un volumen aproximado al calculado anteriormente, este material se propone sea utilizado para rellenar y cerrar las fosas (abiertas para almacenaje de agua y lodo) después de que el proyecto esté terminado en la fase de restablecimiento de las condiciones iniciales.

Peso total de la tubería a instalar

Este valor se obtiene a partir de la tabla de propiedades para tuberías HDPE según fabricantes estandarizados, la cual establece para la tubería HDPE de diámetro nominal de 710 mm (PN-10 / SDR17, asumiendo espesor de 42.10mm) un peso estimado de 89.18 kg/m multiplicado por la longitud de la lingada a ser instalada (350.85 y 352.97) obtenemos un peso total aproximado de 32 toneladas. **Radio de curvatura permitido**

Este valor se estimará a partir de la tabla del radio de curvatura mínimo de la norma ASME B31.8 y se hará en base a un esfuerzo de tensión máximo alto (80.000 psi), es decir, capaz de doblar más fácilmente que es una de las principales cualidades de la tubería HDPE y el factor de diseño de ubicación (F), que para el cruce de beach approach y por ser una zona no residencial o muy sola, una clase II (F=0.6) se considera adecuada. El radio de curvatura mínimo adecuado para la tubería HDPE es 453 veces el diámetro nominal del tubo como se muestra a continuación:

Minimum Radius of Curvature, R				
Yield Stress (psi)	F=0.72	F=0.6	F=0.5	F=0.4
35,000	863 D	1,036 D	1,243 D	1,553 D
42,000	719 D	863 D	1,036 D	1,295 D
46,000	657 D	788 D	946 D	1,182 D
52,000	581 D	697 D	836 D	1,046 D
56,000	539 D	647 D	777 D	971 D
60,000	503 D	604 D	725 D	906 D
65,000	465 D	558 D	669 D	836 D
70,000	431 D	518 D	621 D	776 D
80,000	377 D	453 D	544 D	680 D

Figura N° 40: Tabla de radios de curvatura.

Fuente: Instituto Americano de Petróleo.

En este caso para el tubo de 28" el radio de curvatura mínimo recomendado es de 300 metros, por lo tanto, para la ingeniería preliminar se considera un radio de diseño de al menos el doble de este valor, el cual garantiza la instalación con un alto factor de seguridad.

Cálculo de fuerza de halado y análisis de esfuerzos para la instalación de la tubería de 28”.

La fuerza de halado necesaria para instalar la tubería de 28 pulgadas se estimará en 3 principales fuerzas que interactúan durante todo el período de instalación; la fuerza de fricción entre la tubería y el suelo, la fuerza de arrastre de lodo y el peso efectivo de la tubería en las diferentes secciones de la ruta del HDD, como se muestra en la siguiente figura.

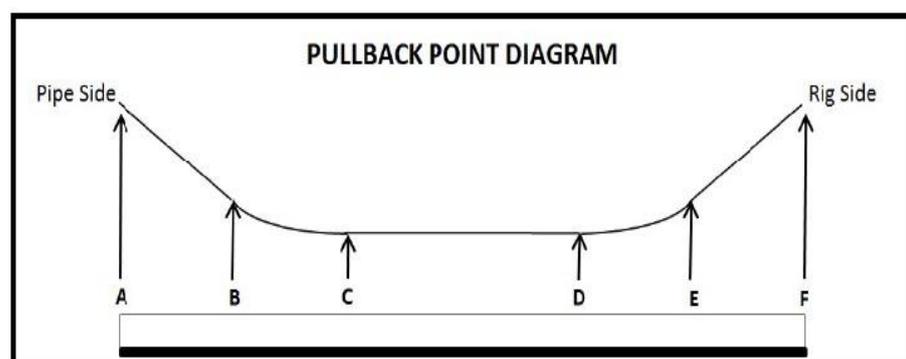


Figura N° 41: Tabla de radios de curvatura. Fuente: Instituto Americano de Petróleo.

En el caso de las secciones B-C y D-E, estos radios de curvatura podrán ser aún mayores a los definidos como radios mínimos de curvatura, siempre y cuando el terreno lo permita, esto con el fin de ejercer el menor esfuerzo posible en la tubería; se debe tener en consideración que con el radio de curvatura más ligero garantizamos una mayor estabilidad del agujero además de facilitar la extracción del material de recorte de la perforación al disminuir la pendiente y curva. Considerando estas secciones y radios de curvatura se realiza el diseño de un perfil preliminar.

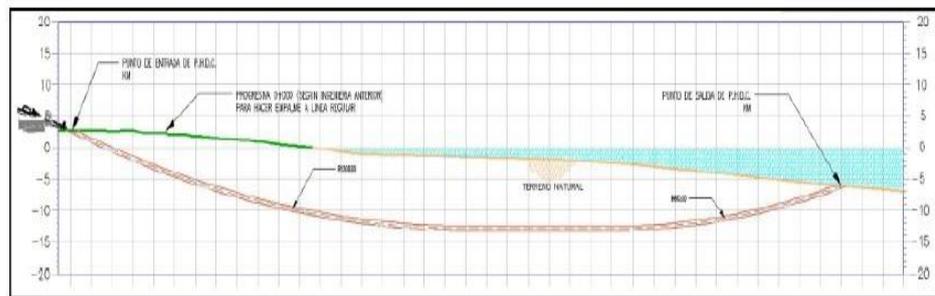


Figura N° 42: Perfil longitudinal del cruce direccional. Fuente: Propio.

Una vez realizado el diseño preliminar en CAD podemos obtener las medidas preliminares de las zonas definidas. Estas zonas definen parámetros geométricos como longitudes, ángulos, radios de curvatura y otros que al ser introducidos en programas de estimaciones matemáticas de fuerzas de halado que consideran, entre otros, los factores más críticos de diseño como alta viscosidad de lodo, altas fuerzas de fricción por derrumbes y un factor de seguridad de 1.3, se obtienen los valores de la siguiente tabla para cada una de las secciones en las que se define el HDD.

Sección	Fuerza de Fricción (lbs)	Arrastre de lodo (lbs)	Peso efectivo de la tubería (lbs)
A-B	1,987	1,337	-905
B-C	3,836	2,409	-955
C-D	30,593	21,863	0
D-E	9,680	10,502	4,826
E-F	3,296	4,240	4,318

Figura N° 43: Fuerzas de instalación para cada sección durante el halado por HDD.
Fuente: Instituto Americano de Petróleo.

Finalmente teniendo en consideración la dirección de la fuerza ejercida por el peso de la tubería dependiendo de la pendiente (negativa o positiva) obtenemos la siguiente tabla con la fuerza total necesaria para la instalación de la tubería a través de cada sección del perfil de HDD:

Sección	Fuerza total en la sección (lbs)	Fuerza total acumulada (lbs)
A-B	2,419	2,419
B-C	5,290	7,709
C-D	52,456	60,165
D-E	25,188	85,353
E-F	11,854	97,207

Figura N° 44: Fuerzas de instalación acumulada para cada sección durante el halado por HDD.
Fuente: Instituto Americano de Petróleo.

El valor destacado en verde en la Figura N°41 define también la tensión nominal o Máxima tensión que deberá soportar el jalón en base al cual se deberá diseñar y fabricar el tapón de jalado.



Figura N° 45: Cabezal de halado Fuente: Propio.

Con estos datos se define el tipo de equipo para la realización de este trabajo con una máquina perforadora Marca American Augers modelo DD-210 con una capacidad de halado de 210,000 lbs, lo cual es suficiente para cubrir por dos veces la capacidad Máxima de halado requerida para la instalación de la tubería.

Para el análisis de esfuerzos durante la instalación de las tuberías, se hace una evaluación completa del agujero en todas sus secciones, evidenciándose en la mayoría de los casos que la localización o concentración más alta de esfuerzos debido a la combinación de carga está generalmente en el punto E, debido a que este punto está más cerca a la máquina de perforación y, por consiguiente, tendrá relativamente alta tensión a nivel local, además es parte de la salida de una curvatura teniendo por consiguiente mayor concentración de esfuerzos combinados.

Finalmente, los esfuerzos de instalación de la tubería y su factibilidad son evaluados en base a criterios para estrés por cargas individuales y por

último para las cargas combinadas provenientes de distintos tipos de interacciones.



Figura N° 46: Taladro de perforación – Equipo mezclador de lodos. Fuente: Propio.

Perforación Piloto

La perforación se realizará desde el lado de la tierra hacia el mar, el ángulo de entrada puede ser configurado entre 8° a 14° , para las primeras barras se buscará alcanzar una profundidad adecuada tan rápido como sea posible de forma segura,

a continuación, el ángulo se disminuirá gradualmente con una curvatura que permita que el orificio piloto se encuentre en posición horizontal (0° de inclinación), en este punto la perforación continuará recta durante la mayor parte de la longitud, seguidamente se deberá comenzar el ascenso en un ángulo conservador pero lo más inclinado posible como las condiciones lo permitan, usando un radio de curvatura ideal, esto considerando que el ángulo de salida del agujero piloto será lo más alto posible (para facilitar la salida y mitigando en su medida en riesgo de derrumbe) en base a lo que permitan las condiciones de diseño y del terreno. La perforación piloto concluirá con un agujero de aproximadamente 12.75” a 13.5” pulgadas en diámetro.

Para la localización de la dirección de la perforación, tendremos El paratrack-2 de Vector Magnetics, el cual trabaja formando un campo magnético o virtualmente una rejilla electrificada en la superficie del suelo o fondo marino a través de la colocación y posterior electrificado de cables con corriente DC, esto en conjunto con un transmisor o sonda, la cual se coloca dentro de una herramienta llamada “non-magnetic housing” que será previamente calibrada y nos ayuda a saber exactamente en qué posición, dirección y profundidad se encuentra la herramienta en todo momento, esto es posible debido a la alteración que el transmisor (colocado dentro del housing) genera en el campo magnético generado por el cable colocado en el suelo al momento de hacer un disparo o “shot”, dichas alteraciones son procesadas por un software (RivCross), el cual junto con datos del sondeo topográfico y batimetría previamente cargados a la data proporcionan control y las indicaciones necesarias de en qué dirección debe ir la broca para lograr el perfil de perforación diseñado,



Figura N° 47: Realización del campo magnético para guía piloto. Fuente: Propio.

Tabla N° 3 Sondeo piloto día 1

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	del Altura de ola (m)
00	6.18 9.3	6.18	4.83 2.03	2.79
01	9.56 9.63	15.48 25.04	2.51 3.12	2.08
02	9.61 9.61	34.67 44.28	1.17 6.21	2.08
03	9.54	53.89	3.14	2.67
04		63.43		1.48
05				2.10
06				2.24

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 4
Sondeo piloto día 2

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	del Altura de ola (m)
07	9.51	72.94	4.64	1.71
08	9.69	82.63	2.16	3.79
09	9.46	92.09	3.08	2.14
10	9.51	101.60	3.53	1.38
11	9.56	111.16	3.58	2.32
12	9.51	120.67	4.86	1.38
13	9.30	129.97	5.63	2.10
14	9.51	139.48	5.06	1.82

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 5
 Sondeo piloto día 3

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
15	9.58	146.06	4.50	2.81
16	9.62	158.68	3.79	2.35
17	9.28	167.96	2.80	2.13
18	9.60	177.56	4.69	1.52
19	9.60	187.16	2.82	1.50
20	9.56	196.72	2.29	1.87
21	9.56	206.28	4.34	2.15
22	9.30	215.58	3.87	1.91

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 6
 Sondeo piloto día 3

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
23	9.40	224.98	2.87	1.53
24	9.30	234.28	2.47	2.14
25	9.48	943.76	2.54	2.69
26	9.54	253.30	4.93	1.54
27	9.59	262.89	3.05	2.16
28	9.71	272.60	3.45	3.11
29	9.56	282.16	4.50	2.48
30	9.62	291.78	5.61	2.50

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 7
 Sondeo piloto día 4

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
31	9.62	301.40	3.42	1.59
32	9.45	310.85	2.73	2.22
33	9.56	320.41	1.84	1.63
34	9.71	330.12	3.39	1.75
35	9.61	339.73	4.36	1.61
36	9.25	348.98	3.74	2.12
37	9.64	358.62	3.21	2.40
38	9.68	368.30	2.89	1.98

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 8
 Sondeo piloto día 5

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
39	9.69	377.99	3.40	1.60
40	9.70	387.69	2.89	2.21
41	9.54	397.23	4.10	1.98
42	9.70	406.93	3.78	2.10
43	9.56	416.49	3.91	2.07

Fuente: Elaboración propia

Actividades de ensanchamiento

Cuando el agujero piloto es completado, las herramientas de perforación inicial y direccionamiento deberán ser recuperadas usando boyas de flotación o un winche de apoyo que ayude a recuperar las herramientas desde el lecho marino hasta la superficie y sobre el chalan para poder quitarlas y proceder con los siguientes pasos.

En este caso se dispone de una barcaza, con capacidad de carga de 300 toneladas, que cuenta con un aforo máximo de 16 tripulantes a bordo, equipada con dos (02) winche de 15 Ton y cable suficiente para llegar al punto de salida en el fondo marino, punto en el cual la sonda será eslingada y guiada a través del winche hasta la superficie de la barcaza, punto en el cual serán recuperado y guiado a bordo de la barcaza por equipo de apoyo en izaje.

Una vez finalizada la expansión del agujero se hará la limpieza del mismo (esta limpieza se realizara las veces que sea necesaria a criterio del ingeniero de perforación), dicha limpieza consistirá en cruzar de nuevo la cortadora de 36" rotando y con alta presión de lodo (para rectificar o remover recortes que todavía estén presentes en el agujero) y luego conectado a un testigo o barril de limpieza que será de unos 3 metros de largo y 30" de diámetro, de esta manera nos aseguramos de que el orificio final será lo más circunferencial y estable posible. Esta limpieza será realizada bidireccionalmente, es decir, se cruzará la cortadora de barril desde el mar hacia la tierra y desde la tierra hacia el mar.

La limpieza del agujero con el procedimiento descrito anteriormente podría repetirse tantas veces como sea considerado necesario a criterio de los ingenieros de perforación y en base a su experiencia, todo con el fin de que el agujero esté completamente limpio y estable.

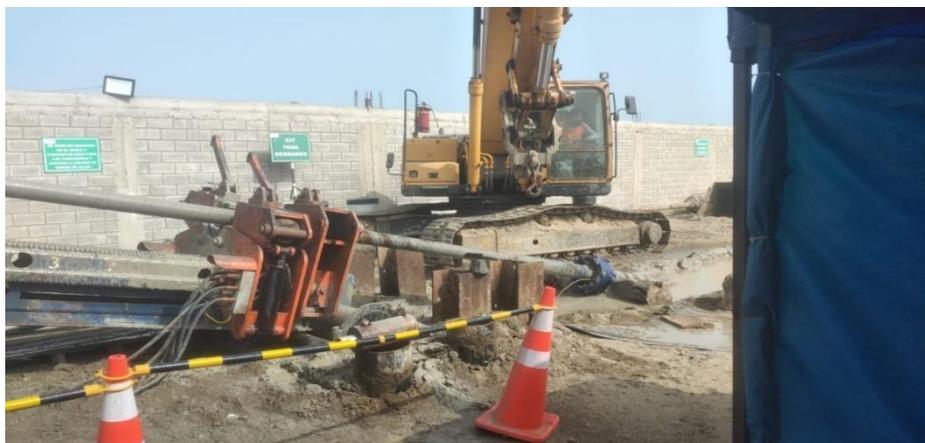


Figura N° 48: Ampliación de 20'' Fuente: Propia.

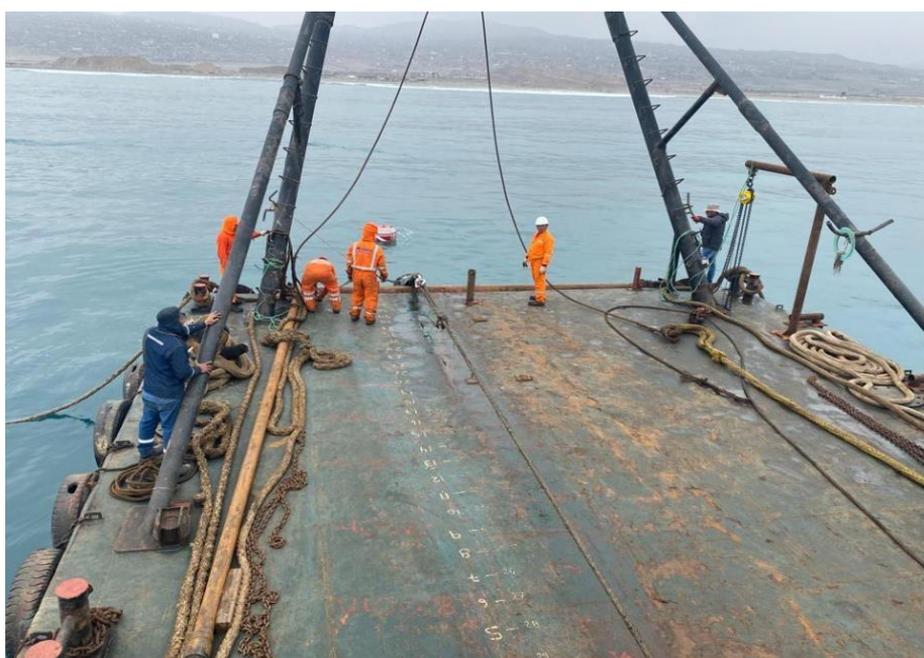


Figura N° 49: Actividades de aproximación de herramienta en barcaza Fuente: Propia.

Tabla N° 9
Ampliación de 20'' – Día 1

Barra	H inicio	H fin	Rotación	Empuje	Lodo	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
01	13:57	14:57	1000	900	150	3.74	2.10
02	15:14	15:22	1500	500	200	2.50	2.24
03	15:54	14:06	1500	300	200	3.91	2.51

04	16:10	14:30	1500	200	200	4.10	2.48
----	-------	-------	------	-----	-----	------	------

Fuente: Elaboración propia

Cada vez que finalice un día de trabajos de perforación, personal de buceo especializado verifica el estado de la línea de perforación en toda su extensión, garantizando el correcto funcionamiento de la misma.



Figura N° 50: Verificación de línea de perforación – equipo de buceo.
Fuente: Propia.

Tabla N° 10
Ampliación de 20'' – Día 1

Barra	H inicio	H fin	Rotación	Empuje	Lodo	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
05	09:34	09:49	1000	500	150	3.89	1.60
06	10:01	10:18	1200	500	200	3.18	1.91
07	11:29	11:48	1500	500	200	4.25	1.98
08	14:11	14:23	1000	500	200	4.10	1.79
09	15:38	15:49	1200	300	200	4.21	1.72
10	16:01	16:20	1500	300	200	3.23	1.69

11	16:30	16:45	1000	500	150	3.54	2.00
12	17:01	17:19	1200	500	150	4.01	2.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 11
Ampliación de 20'' – Día 2

Barra	H inicio	H fin	Rotación	Empuje	Lodo	Velocidad del viento (nudos)	Altura de ola (m)
13	10:05	10:15	1700	600	200	5.05	1.51
14	10:24	13:35	1800	600	200	4.21	1.63
15	13:39	13:47	1900	600	200	3.68	1.53
16	14:02	14:11	1800	600	200	3.09	1.62
17	14:17	14:27	2100	500	200	4.49	1.66
18	14:47	14:57	1900	500	200	3.00	1.80
19	15:08	15:16	1900	600	200	2.90	1.76
20	15:26	15:36	1900	500	200	3.60	1.55
21	15:41	15:54	1900	500	200	3.60	1.55
22	16:00	16:10	1600	500	200	3.48	1.49
23	16:39	16:48	1700	500	200	4.60	1.53
24	16:58	17:03	1600	500	200	4.02	1.72
25	17:53	18:15	1800	500	200	4.66	1.52
26	18:19	18:28	1800	500	200	3.39	1.65
27	18:33	18:42	1800	500	200	3.84	1.69
28	18:51	19:02	2100	500	200	3.97	1.70
29	19:14	19:24	1900	500	200	4.43	1.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 12
Ampliación de 20'' – Día 2

Barra	Hinicio	Hfin	ROTACION (psi)	EMPUJE (psi)	LODO (psi)	Altura de ola (m)
30	11:50	11:58	2500	500	200	1.49
31	12:15	12:24	1800	500	200	1.53
32	12:31	12:41	1800	200	500	1.72
33	12:47	12:57	2000	500	250	1.52
34	13:44	13:55	2100	600	300	1.65
35	14:10	14:21	2000	300	300	1.69
36	14:35	14:45	2200	600	300	1.76
37	15:18	15:32	2500	600	300	1.55
38	15:43	16:17	2500	600	200	1.55
39	16:24	16:42	2500	600	200	1.49
40	17:02	17:16	2000	600	200	1.53
41	17:43	17:57	2100	500	200	1.72
42	18:10	18:24	1500	500	200	1.52

Fuente: Elaboración Propia.

Las actividades de ensanche se repiten progresivamente de acuerdo al diámetro requerido, para posteriormente realizar la última pasada que consiste en la limpieza del túnel con el fin de rectificar el mismo y dejar el túnel listo para el ingreso del producto a instalar.

Halado de tubería

Para iniciar el proceso de halado de la tubería todo el personal clave implicado en la perforación será equipado con radios que permitirá una cómoda y oportuna comunicación durante todo el proceso que se ejecutará en simultáneo en los dos frentes de trabajo.

Para iniciar el halado de la tubería dentro del túnel se requiere que la tubería este totalmente vacía de agua y que posea una brida o apertura controlada que permita la opción de inundarla a discreción de los técnicos de perforación y en base a cálculos de flotabilidad de manera tal que las fuerzas de roce sean reducidas al mínimo posible. Una vez vacía, la lingada será transportada hasta un lado de la barcaza por parte del personal de la empresa contratante de tal forma que la misma se apoye en el lateral del mismo (se deberá tomar la previsión de colocar llantas o elementos del tipo goma que eviten el daño del recubrimiento de la tubería al está golpear los lados de la barcaza por efecto de las mareas). En este punto se debe proceder a asegurar la lingada e inmovilizarla lo más posible mediante el uso de pescantes, esto con el fin de poder realizar el procedimiento de acople de la lingada a la sarta de perforación de forma segura, la lingada será conectada a un swivel de jalado para evitar la rotación de la tubería mientras es instalada, luego una cortadora con un tamaño similar al de la tubería de 28” para limpiar el camino ante cualquier posible derrumbe y finalmente a las barras de perforación, una vez este acople se haya logrado se dejara flotar la lingada libremente, solo restringiendo cualquier posible desplazamiento por causa de las mareas.

Una vez completados los procedimientos de acople para el inicio del halado, el personal marino deberá garantizar que la tubería a instalar se mantenga siempre alineada con la línea del túnel perforado, para dicho fin se deberán usar lanchas

o remolcadores pequeños capaces de mantener los metros de lingada estirados en lo más cercano a una línea recta y siempre alineada con la perforación. La lingada deberá ser posicionada y llevada hasta la barcaza al menos mediante el uso de dos barcos remolcadores, uno en la parte delantera y otro en la parte media del tubo con la intención de mantenerlo lo más alineado posible con la entrada del túnel.

Luego, se tirará desde el Pipe Side proceso que se hará tirando desde el lado de taladro. Las fuerzas de fricción durante el halado se controlarán principalmente mediante el cálculo de la flotabilidad y posterior inundación parcial de la lingada (de ser necesario). La presión de lodo será continuamente monitoreada para prevenir y ser capaces de tener una plena comprensión del comportamiento de los suelos y propiedades del lodo durante este procedimiento fundamental.

En el extremo de tierra a medida que se realice el jalón, se irán extrayendo los tramos de tubería de 9.5 metros de largo cada uno, usando el equipo de perforación para cada tramo. Una vez se desacople un tramo, la máquina de perforación podrá jalar otro tramo de 9.5 metros, para así recuperar todos los tramos de tubería estimados que estarán dentro del agujero hasta que finalmente se recupere la lingada en la superficie del lado de la tierra.



Figura N° 51: Lanzamiento de tubería para instalación.

Fuente: Propia.

Para la ejecución de la perforación horizontal dirigida, se contó con el siguiente equipo de perforación:

Personal de Perforación

CARGO	CANTIDAD
DRILLER HDD	01
ESPECIALISTA HDD	01
TÉCNICO DE FLUIDOS	01
AYUDANTE DE FLUIDOS	01
OPERADOR HDD	04
SOLDADOR HDD	01

Staff administrativo

CARGO	CANTIDAD
JEFE DE PROYECTO	01
INGENIERO RESIDENTE	01
INGENIERO SSOMA	01
LOGÍSTICO	01
CONDUCTORES	02

Equipos auxiliares y personal de apoyo

CARGO	CANTIDAD
OPERADOR DE EXCAVADORA	01
OPERADOR DE CAMIÓN GRÚA	01
OPERADOR DE CISTERNA	01
VIGÍA	02
AYUDANTE GENERAL	02

Personal de apoyo marino	
CARGO	CANTIDAD
CAPITÁN DE BARCAZA	01
MANIOBRISTAS	03
PATRON DE REMOLCADOR	01
SUPERVISOR DE BUCEO	01
BUZOS	03
MARINEROS	02

2.4 Definición de términos básicos

Planta de tratamiento de aguas residuales: Se conoce como tratamiento de aguas residuales al conjunto de procedimientos de tipo físico, químico y biológico que permiten convertir el agua contaminada en agua potable. Así, el ser humano puede volver a utilizarla.

Offshore o Beach Approach: La perforación offshore es la técnica habitual para la ejecución de emisarios y tomas de agua de mar. Al ser una técnica subterránea, se evita trabajar en la zona marítima, de difícil maniobra y expuesta a condiciones extremas, además de proteger el medio ambiente.

Emisor submarino: Según López (2012) es una conducción para realizar vertidos de origen urbano o industrial en el mar, alejados de la costa. El principal objetivo de los emisarios submarinos es minimizar el impacto que puede tener el vertido de aguas residuales al mar, en otras palabras, garantizar una buena dilución, de manera que la mezcla de aguas residuales y agua de mar no altere el aspecto natural, además sea inocua para el ecosistema marino, el litoral y la salud de los seres humanos.

Rig Side: Es un espacio de trabajo determinado que se describe como el lado de la perforación más cercana al taladro de perforación, así como a la ubicación de la broca escariadora.

Pipe Side: Es el espacio donde se posiciona la tubería, además de ser el extremo final de la perforación.

Fuerza de rotación: Corresponde a la fuerza de un cuerpo alrededor de un eje (exterior o interior).

Fuerza de empuje: Es una fuerza axial aplicada a un cuerpo.

Broca: Son herramientas que están diseñadas especialmente para perforar el terreno, pueden ser de distintos tipos y formas de acuerdo al tipo de estrato a perforar.

Campo magnético: Es un campo de fuerza generado como consecuencia de cargas eléctricas, este principio es básico para el guiado de la broca de perforación.

Optimización de recursos: Según The Global Found (2019) la optimización de los recursos es un concepto que define la forma de potenciar y mantener resultados, productos o repercusiones equitativos y de calidad con un volumen de recursos determinado.

Push Reamer: Según The Global Found (2019) la optimización de los recursos es un concepto que define la forma de potenciar y mantener resultados, productos o repercusiones equitativos y de calidad con un volumen de recursos determinado.

Lingada: Sección de tubería, formada por tramos soldados.

CAPÍTULO III: SISTEMA DE HIPÓTESIS

3.1 Hipótesis

3.1.1 Hipótesis principal

La aplicación de la perforación horizontal dirigida en el diseño de proyectos de saneamiento incrementa la productividad de una empresa constructora.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- a) Una planificación óptima de un proyecto aplicando la perforación horizontal dirigida mejora la productividad de una empresa constructora en obras de saneamiento.
- b) El empleo de un de control de proyectos donde interviene la perforación horizontal dirigida produce la optimización de recursos y mejora de productividad de una empresa constructora.
- c) La aplicación de la metodología sin zanja aplicada al diseño de proyectos de saneamiento repercute de forma positiva la productividad de una empresa constructora.

3.2 Variables

3.2.1 Definición conceptual de las variables

Hipótesis	Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional
La aplicación de la perforación horizontal	V1: Diseño de Proyectos	X: Es conjunto organizacional de ideas, insumos, procedimientos y procesos de modo que se pueda conseguir el objetivo marcado.	X: Planificar correctamente los recursos, realizar comparativas, trazar objetivos, comparativas.
		Y: La productividad es	

GENERAL

dirigida en el un indicador económico diseño de que nos permite calcular proyectos de y evaluar la capacidad saneamiento que tiene la empresa de incrementa la utilizar sus recursos productividad de disponibles para producir Y: Utilidad del proyecto, una empresa bienes o optimización de recursos constructora VD: Productividad servicios rentables y también es un indicador del nivel de avance técnico alcanzado, si es que se emplean correctamente los insumos dentro de cada actividad.

ESPECIFICAS

Una planificación óptima de un X1: Se encarga de proyecto describir los procesos de aplicando la planeación, X1: Información de implementación, control cronograma de obra, perforación horizontal Planificación eficiente y efectivo del identificación de V1: dirigida mejora flujo de materiales e actividades, documentos la productividad información, recurso de procedimientos de una empresa humano, almacenaje y constructora en servicios. obras de saneamiento

Y: La productividad es un indicador económico que nos permite calcular y evaluar la capacidad que tiene la empresa de utilizar sus recursos Y1: Tiempo de ejecución

VD: Productividad disponibles para producir bienes o de proyecto, análisis de gastos

servicios rentables y generales también es un indicador del nivel de avance técnico alcanzado, si es que se emplean correctamente los insumos dentro de cada actividad.

<p>El empleo de un de control de proyectos donde interviene la perforación horizontal dirigida produce la optimización de recursos de una empresa constructora</p>	<p>V1: Control de Proyectos</p>	<p>X2: Es el conjunto de las herramientas, procesos de control, personas y recursos, habilidades y que se eficiencias y integran para darnos la rendimientos mejor información en un momento determinado.</p>	<p>X2 Parámetros de producción y calidad, identificación de experiencia</p>
	<p>VD: Productividad</p>	<p>Y2: La productividad es un indicador económico que nos permite calcular y evaluar la capacidad que tiene la empresa de utilizar sus recursos disponibles para producir bienes o servicios rentables y es un indicador del nivel de avance técnico alcanzado, si es que se emplean correctamente los insumos dentro de cada actividad.</p>	<p>Y2: Parámetros de producción y calidad, identificación de eficiencias y también</p>

La aplicación de

la metodología sin zanja aplicada al diseño de proyectos de saneamiento repercute de

V1: Metodología

X1: Método y aplicación de trabajo que difiere de otra, esto representa los conocimientos y aplicaciones que conlleva a resolver los mismos objetivos

X3: Procesos constructivos, procedimientos de trabajo

forma positiva la productividad un indicador económico

Y1: La productividad es de una empresa

constructora que nos permite calcular

VD: Productividad y evaluar la capacidad que tiene la empresa de utilizar sus recursos disponibles para producir bienes o servicios rentables.

Y3: Beneficio económico y beneficio social

3.2.2 Operacionalización de las variables

OBJETIVO GENERAL	VARIABLES PRINCIPALES	
Proponer mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de optimizar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.	X: Diseño de proyectos	Y: Productividad
	DIMENSIONES DE X	DIMENSIONES DE Y
	X1 Metodología	Y1 Productividad
	X2 Planificación	
	X3 Control de proyecto	
OBJETIVOS ESPECIFICOS 1	INDICADORES DE X	INDICADORES DE Y
	Proceso constructivo. Procedimiento de trabajo. Cronograma. Control de proyecto.	Beneficio económico / social. Longitud instalada de tubería. Tiempo de ejecución del proyecto. Parámetros de producción y calidad.
OBJETIVOS ESPECIFICOS 2	Determinar la planificación óptima de un proyecto para incrementar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.	
	Aplicar un control de proyectos en una obra de saneamiento aplicando la tecnología de perforación horizontal dirigida para optimizar la productividad de una empresa constructora.	

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Tipo y nivel

Es una investigación mixta, ya que se trabajarán indicadores numéricos que validen nuestra hipótesis en la tesis y por el lado cualitativo abarcamos procedimientos y parámetros de control que son datos recopilados no numéricos que abarcan las dimensiones presentadas para esta investigación.

4.2 Diseño de la investigación.

El diseño de mi investigación presenta un estudio correlacional de hipótesis correlacional teniendo un diseño No experimental – Transeccional, ya que recolectan datos en un solo momento, Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado, reúne por sus características un nivel correlacional en donde cuantificamos y analizamos la variable dependiente e independiente. se explica la relación entre dos variables, no necesariamente significa que una sea la causa de otra, es decir investiga asociaciones entre dos variables, pero no relaciones causales.

4.3 Objeto de estudio y muestra

4.3.1 Objeto de estudio

El objeto de estudio de la investigación es la aplicación de la perforación horizontal dirigida, aplicado al diseño de proyectos de saneamiento.

4.3.2 Muestra

La muestra para el presente trabajo de investigación es el proyecto “Emisor submarino tramo túnel por el método de perforación horizontal dirigida para la PTAR Pachacútec”.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.4.1 Tipos de técnicas e instrumentos

La técnica a usar en la investigación será mediante la recopilación de datos obtenidos en los reportes de producción de Obra e información financiera de la empresa que se usó durante la ejecución del proyecto.

Con respecto a los instrumentos, se utilizarán hojas de registro de datos, fotografías, reportes de producción y presupuestos, cronogramas, desglose de actividades y seguimiento de actividades.

4.4.2 Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

Los formatos usados en esta investigación han sido adaptados de formatos creados para lograr tener la información de manera compacta y versátil, el cual fue modificado según intereses de los investigadores y los objetivos a buscar.

4.4.3 Procedimientos para la recolección de datos

Para el procedimiento de recolección de datos de la investigación, se muestra los pasos que se van a seguir:

- Estructura de Control de Costos (Plan de Fases)
- Estructura Desglosada de Trabajo (EDT)
- Asignación de Recursos a fases de control
- Informes de producción
- Gestion del tiempo
- Gestión del costo
- Control de proyectos
- Impacto socioambiental
- Análisis de productividad
- Interpretación de Resultado

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se realizó el procesamiento de datos teniendo como base la gestión de conocimiento del proyecto y control durante su ejecución. La presente

investigación recopiló y analizó los datos obtenidos para cada metodología, haciendo un análisis en cada variable a analizar.

CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Diagnóstico y situación actual

5.1.1 Antecedentes

Dentro del alcance del Proyecto Pachacútec, está la construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con un proceso de lodos activados de aireación extendida para un caudal promedio de 435.36 l/s y un caudal máximo horario de 783.65 l/s, cuyo efluente será descargado al mar a través de un emisor submarino.

En esta etapa se descargarán al emisario submarino las aguas residuales tratadas de la nueva PTAR Pachacútec.

El proyecto a evaluar consta de 3 fases: Tubería tramo terrestre desde la planta tratamiento de aguas residuales hasta cámara de carga, la planta propiamente dicha y el emisor submarino, este último concepto es el cual usaremos como punto de aplicación para nuestra investigación.

La obra del emisor terrestre y submarino, consiste en la construcción e instalación de 2,578.02m de tubería cuyo material es el polietileno de alta densidad HDPE, así como la construcción de una cámara de reunión y una cámara de carga.

La zona de influencia es la siguiente:



Figura N° 52: Esquema de línea base para descarga del efluente de la PTAR. Fuente: SEDAPAL.

Tabla N° 13:
Ubicación de Emisor Submarino

EMISOR SUBMARINO /PTAR PACHACUTEC			
	Coordenadas		Progresiva
Túnel Sur	E: 264152.35	E: 264149.61	0+002.20
Túnel Norte	N: 8688091.24	N: 8688093.33	0+005.05

Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta el área geográfica donde se desarrollará el proyecto, se buscará por encima de todas las condiciones la optimización de recursos en esta última fase , La meta es proveer de los recursos que se han asignado al proyecto, su ejecución ha sido concebida como un único proyecto y se ejecutará con una producción alta para culminar el proyecto de acuerdo a lo programado.

El objetivo final del proyecto es la instalación de dos tuberías HDPE de 28” de diámetro, que serán conectadas a través de una pieza “Y” especial a otro tramo apoyado en el lecho marino.

- Consideraciones iniciales del proyecto **Emisor submarino** :

Tramo emisor submarino (T.E.S) que consta de 2 túneles: Tramo 1 y Tramo 2. Ambos se realizarán desde la cámara de carga hasta la salida al mar. El diseño previsto para este proyecto fue realizado con tecnología con zanja. Evaluando el proyecto se aprecia indefiniciones, se augura extensión de plazos de proyecto y añadiendo a ello se aprecia un sobrecosto del presupuesto aprobado hasta el tramo actual.

Dentro del proyecto PTAR Pachacútec se pretender realizar un cambio en el diseño establecido para esta obra de saneamiento que consiste en la mejora de diseño a raíz de la aplicación de una metodología diferente por lo que se realizará una evaluación entre ambos diseños: HDD o T.C.Z.

- Estructura de control del proyecto actual

Para el control de la ejecución del proyecto, la empresa a realizar el servicio cuenta con un Staff de profesionales conformados por el gerente de proyecto, ingeniero residente de obra, ingenieros de producción, ingeniero de Oficina Técnica, Administrador de obra, ingeniero prevencionista, especialistas y asistentes, los cuales son responsables directos de la producción, calidad y seguridad del proyecto a lo largo de su desarrollo. La supervisión de la ejecución del proyecto la realizó una empresa especialista en consultoría y supervisión de proyectos, y en todo momento se trabajó bajo los lineamientos de las bases integradas del proyecto y la ley de contrataciones con el estado.

- Diseño 1:

La actividades a realizar conllevan a lo planteado como metodología tradicional

Tabla N° 14

Procedimiento constructivo bajo metodología tradicional para Emisario

Ítem	Descripción
1.0	Preparativo y movilizaciones
2.0	Excavación de zanjas
3.0	Construcción de lastres
4.0	Suministro de tuberías
5.0	Montaje de tuberías
6.0	Lanzamiento del emisor
7.0	Hundimiento de tubería
8.0	Colocación de difusor

Fuente: Elaboración propia

En este diseño es necesario la excavación masiva de zanjas para el tendido de tubería HDPE con salida al mar, esto acompañado del impermeabilizado de taludes, dragados de arena, etc. Por último, el relleno y compactación del terreno según las especificaciones de instalación de nuevas redes (Mazzini, 2015). La propuesta económica para el diseño planteado de este emisario se adjunta a continuación:

Tabla N° 15:
Partidas para emisario submarino con metodología tradicional

01	COLECTOR DE DESCARGA SUBMARINA
01.01	PREPARATIVOS Y MOVILIZACIONES
01.01.01	Preparativos de equipos y herramientas, gastos previos de la logística para personal y equipos.
01.01.02	Movilización de buque de trabajo, personal, contenedores, equipos de buceo y herramientas.
01.01.03	Inspección inicial y posicionamiento topográfico de boyas de señalización y maniobras de trabajo.
01.02	SUMINISTRO DE TUBERÍA
01.02.01	Suministro de tubería HDPE D=1000m PN6
01.02.02	Suministro de tubería HDPE D=1000m PN8
01.03	EXCAVACIÓN DE ZANJA
01.03.01	Excavación de zanja desde PK 1+680 a PK1+830 S/especif. para alojamiento de tubería de 1000m, (incluye suministro, instalación y retiro de tablaestacas)
01.03.02	Excavación de zanja desde PK 1+830 a PK1+960 S/especif. para alojamiento de tubería de 1000m, (incluye tablaestacas, material aporte espigón y retirada de muelle).
01.04	CONSTRUCCIÓN DE LASTRES

01.04.01	Construcción de lastres según diseño
01.05	MONTAJE DE TUBERIAS
01.05.01	Soldadura y lanzamiento de tubería PEAD DN 1000 incluso P.P de colocación de lastres.
01.06	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS
01.06.01	Traslado y tendido de tuberías PEAD DN 1000 incluso P.P de unión de tramos
01.06.02	Suministro e instalación de difusores
01.06.03	Pruebas
01.07	DRAGADO DE ARENAS
01.07.01	Dragado de arenas mediante bomba de succión desde PK1+980 A 2+030
01.08	OBRAS VARIAS
01.08.01	Cerco opaco con manta de polipropileno H=2.00m con malla tejida de 2''x N14 galvanizada c/tubos de diámetro 1 ¼'' sobre bloquetas de concreto

Fuente: Elaboración propia

Se contempla para la ejecución de las partidas planteadas en la tabla N°4, se establece el siguiente presupuesto considerando el diseño N°1 con la metodología con zanja aplicado a ambos tramos de emisor submarino.

Por lo que se detalla el grupo de costos a abarcar para el siguiente presupuesto de emisor donde están incluido los 4 grupos de costos: Mano de obra, materiales, herramientas y subcontratas.

Tabla N° 16

Presupuesto emisor submarino con tecnología con zanja

<u>Ítem</u>	<u>EMISOR SUBMARINO /PTAR PACHACUTEC</u>	
1.0	Preparativo y movilizaciones	S/. 488,111.93
2.0	Suministro de tuberías	S/. 1,105,525.80
		S/.
3.0	Excavación de zanjas	12,494,653.50
4.0	Construcción de lastres	S/. 2,416,633.38
5.0	Montaje de tuberías	S/. 2,391,995.20
6.0	Instalación de tuberías	S/. 1,903,228.71
7.0	Dragado de arena	S/. 521,327.50
8.0	Obras varias	S/. 47,294.00
	COSTO DIRECTO	S/ 21,369,401.02

Fuente: Elaboración propia

Se presenta el resumen y detalle de las partidas presupuestales que conforman el costo directo del servicio con diseño N°1 (Ver tabla N°16). Este costo abastece todo el alcance del proyecto correspondiente a la construcción del emisor, fase 3. Dicho presupuesto base se elabora considerando los metrados reales del proyecto, así como los rendimientos obtenidos en fases anteriores del proyecto PTAR que radican en el informe semanal de producción.

Dentro de las fases anteriores han presentado problemas y retrasos, por lo que la fase siguiente se encuentra en etapa crítica de ejecución, se augura que corra el riesgo de no ser finalizadas antes de la fecha esperada.

A continuación, se presenta un cuadro de resumen donde indica los problemas vistos para esta fase de proyecto. Se espera que las 2 líneas emisoras culminen el 11/11/19.

Tabla N° 17:
Cuadro de resumen de diagnóstico de Diseño 1 para emisor submarino con tecnología tradicional

EMISOR SUBMARINO /PTAR PACHACUTEC		
Inicio de trabajos	13/08/2019	
Finalización proyectada	4/02/2020	125 días laborables
Finalización esperada	11/11/2019	90 días laborables
Datos técnicos	<p>NO cumple el plazo fijado. Aumentar el horario de trabajo doble turno:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Afecta negativamente la productividad diaria, calidad, costos, etc. • Efectos ambientales y sociales negativos 	
Observaciones	<p>Posibilidad de riesgo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • No hay seguridad que los habitantes permitan que las obras se realicen regularmente. 	

Según Tabla N°17, al seguir los trabajos de emisario con el Diseño N°1, el avance diario proyectado, provocaría que los 2 tramos de afluentes con salida al mar no culminen en la fecha límite de 125 días laborables. Además, que, si bien las obras estarían terminadas luego de 35 días al plazo, es una zona de alta probabilidad de ser bloqueada o atrasada aún más por los vecinos.

También se indica que una manera de acabar al plazo fijado sería aumentar los gastos operativos junto a un trabajo de doble turno de manera intensiva. Si bien podría alcanzar la meta la productividad diaria sería muy afectada. Asimismo, la realización de este plan, afectaría los costos del servicio y comprometería la calidad del trabajo

Por ello es necesario buscar alternativas de solución que puedan cumplir con el plazo fijado, sin afectar la productividad del proyecto y con ello los costos y la calidad.

5.1.2 Presentación de resultados

De acuerdo al objetivo general del trabajo de investigación, se plantea mejorar el diseño de proyectos de saneamiento. Dado el caso de emisario submarino se ha identificado los problemas y posibles mejoras en la ejecución de obras de esta categoría.

El diseño 1 con método con zanja presenta indefiniciones, amplios plazos de ejecución y tiene un costo elevado de construcción, por ello, para aumentar la productividad de instalación de los emisores se requiere un incremento en el tiempo de instalación diaria, por lo tanto, es necesario disminuir los tiempos en excavación, rotura y rehabilitación de infraestructura. (Flores, 2019).

La solución que se plantea es la ejecución del emisario mediante dos perforaciones dirigidas en HDPE DN 710mm, alteración que influye en la dilución del efluente en el medio marino, puesto que el caudal de diseño vertido se mantiene la solución sería viable.

Por tanto, se replantea la ingeniería y se procede a la evaluación de la aplicación de la perforación horizontal dirigida para la PTAR Pachacútec, para lo cual se

desarrolla un plan de trabajo donde se tienen las actividades y procesos constructivos a aplicar.

Mejora de diseño:

- Diseño 2:

Las actividades a realizar se ejecutarán bajo la metodología sin zanja, es decir, se implementará la perforación horizontal dirigida en la construcción del emisario, para lo cual se hace el siguiente análisis.

A) Planificación óptima

La planificación óptima se realiza para poder disminuir los tiempos y llegar a plazos establecidos como también mejorar la productividad de instalación de líneas de afluentes. Se requiere un incremento de rendimiento para la instalación diaria, por lo tanto, es necesario disminuir los tiempos en excavación, rotura y rehabilitación de infraestructura.

Se desea realizar el proyecto con el Diseño 2 que consta de ejecutar los 2 tramos afluentes con perforación horizontal, parte del diseño de proyectos es la planificación de las actividades, por lo que se detallan los tiempos de ambos métodos y enfatizar la mejora brindada.

Metodología tradicional:

Tabla N° 18

Duración de partidas con tecnología con zanja para Emisor

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	125 días
Preparativos y movilizaciones	45 días
Suministro de tuberías	50 días
Excavación de zanjas	60 días
Construcción de lastres	55 días
Montaje de tuberías	35 días
Instalación de tuberías	50 días
Dragado de arena	20 días

Obras varias 5 días

Fuente: Elaboración Propia *Metodología*

sin zanja:

Tabla N° 19

Duración de partidas con tecnología sin zanja para Emisor

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	69.5 días
Actividades fuera del Perú y transporte de equipos	22 días
Actividades iniciadas en el sitio de trabajo	18 días
Instalación de equipo de perforación y auxiliares	12.5 días
Perforación sur	15 días
Perforación norte	15 días
Desinstalación de equipos de perforación y auxiliares	7 días
Limpieza final	2 días

Fuente: Elaboración Propia

Como primera observación, se aprecia que utilizando el diseño 2 se llega a satisfacer el tiempo del proyecto. Dentro de la planificación y toma de decisiones se tiene que tomar en consideración las ventajas y desventajas de ambos métodos.

Tabla N° 20

Ventajas y desventajas del método tradicional

Ventajas	Desventajas
Procedimiento de trabajo conocido	Sensible ante cambios y modificaciones imprevistas del proyecto
Recursos y personal nacional disponible	Requiere rotura y rehabilitación de infraestructura

Cumple con los requerimientos según SEDAPAL	Malestar social
	Medidas preventivas de seguridad para personal tercero
	Tramites burocráticos para obtención de permisos

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 21
Ventajas y desventajas del método HDD

Ventajas	Desventajas
No requiere rotura y la rehabilitación no es influyente	Falta de capacitación y preparación de personal
Puede modificar su trayectoria	Baja disponibilidad de equipos en el Perú
Genera poca contaminación ambiental y menor impacto visual	Procedimiento de trabajo según estándares internacionales
Cumple con los requerimientos según SEDAPAL.	
Alto rendimiento y agilidad	para obtención de permisos

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla N° 20 y Tabla N° 21, se muestra un esquema indicando los criterios para elegir la alternativa de solución más apropiada, para ello se ha tomado en cuenta las ventajas y desventajas de cada metodología.

Las dos alternativas cumplen con los requerimientos para instalación del proyecto solicitados por SEDAPAL sin embargo el método tradicional no cumple con el tiempo y es poco probable que cumpla de manera exitosa con el alcance del servicio.

A través de las tablas N° 18 Y N° 19, que muestran las partidas, así como la duración de las mismas podemos realizar una planificación general, englobando las actividades de la siguiente forma:

Tabla N° 22
Agrupación de actividades para metodología con zanja.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	125 días
Actividades preliminares y provisionales	
Preparativos y movilizaciones	45 días
Suministro de tuberías	50 días
Habilitación y ejecución	
Excavación de zanjas	60 días
Construcción de lastres	55 días
Montaje de tuberías	35 días
Instalación de tuberías	50 días
Dragado de arena	20 días
Reposición de área utilizada	
Obras varias	5 días

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 23
Agrupación de actividades para metodología sin zanja.

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	69.5 días
Actividades preliminares y provisionales	
Actividades fuera del Perú y transporte de equipos	22 días
Habilitación y ejecución	
Actividades iniciadas en el sitio de trabajo	18 días

Instalación de equipo de perforación y auxiliares	12.5 días
Perforación sur	15 días
Perforación norte	15 días
Desinstalación de equipos de perforación y auxiliares	7 días
Reposición de área utilizada Limpieza final	2 días

Fuente: Elaboración Propia

En esta etapa agrupamos las partidas influyentes que se realizarán dentro de la construcción del emisario obteniendo así un análisis integral de los tiempos empleados para cada metodología.

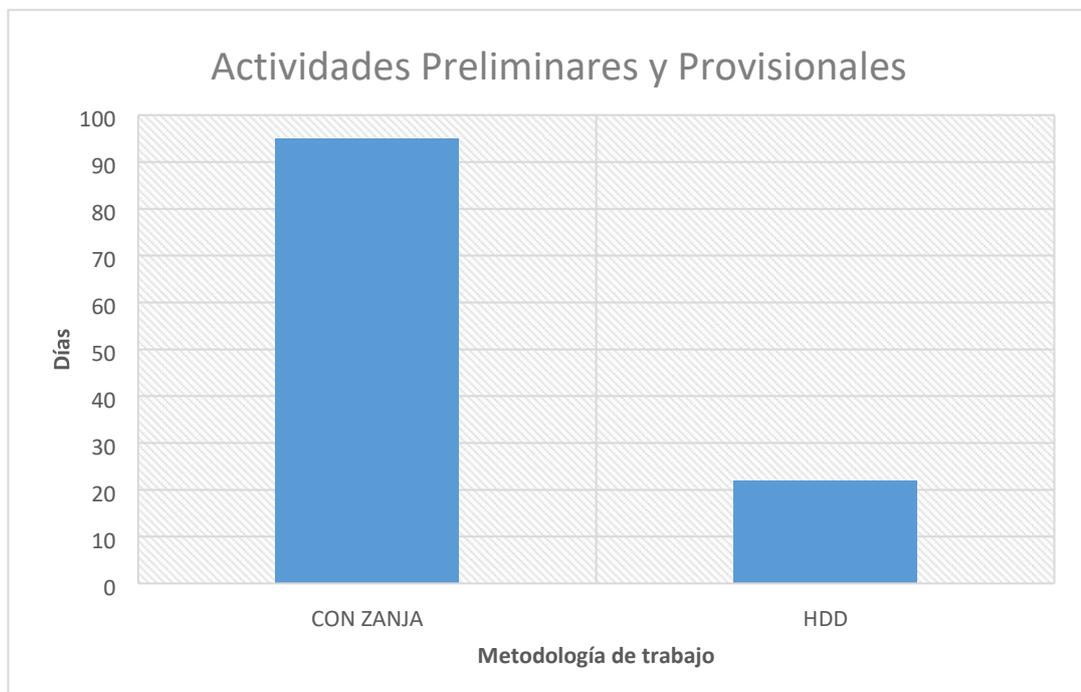


Figura N° 53: Actividades provisionales con ambos métodos.

Fuente: Elaboración Propia

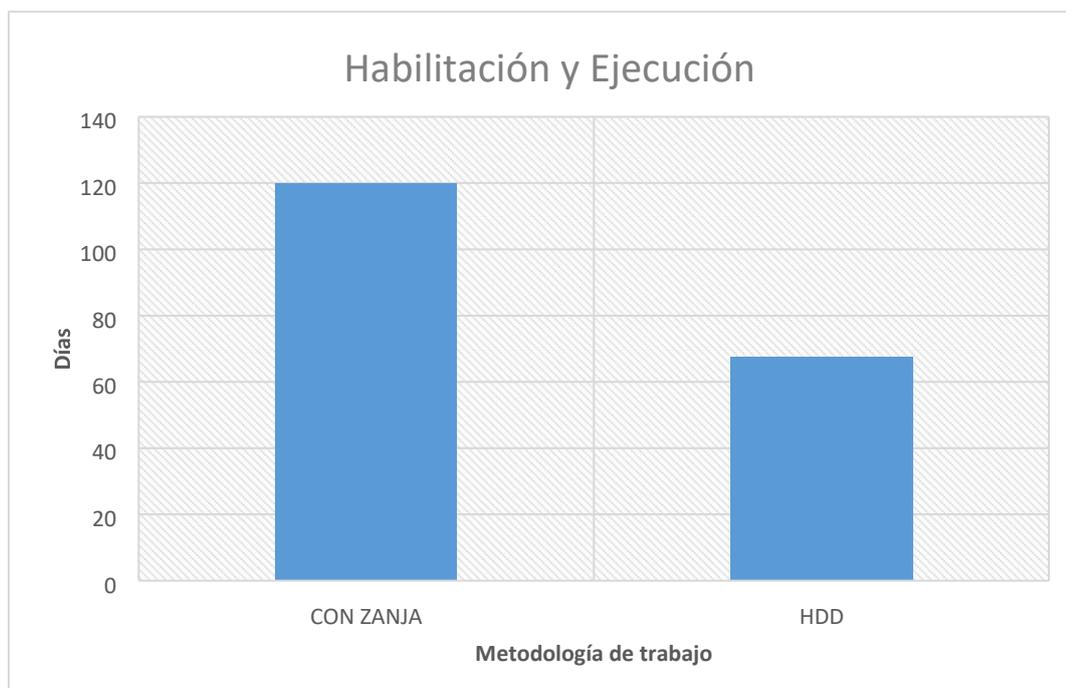


Figura N° 54: Habilitación y ejecución con ambos métodos
 Fuente: Elaboración Propia

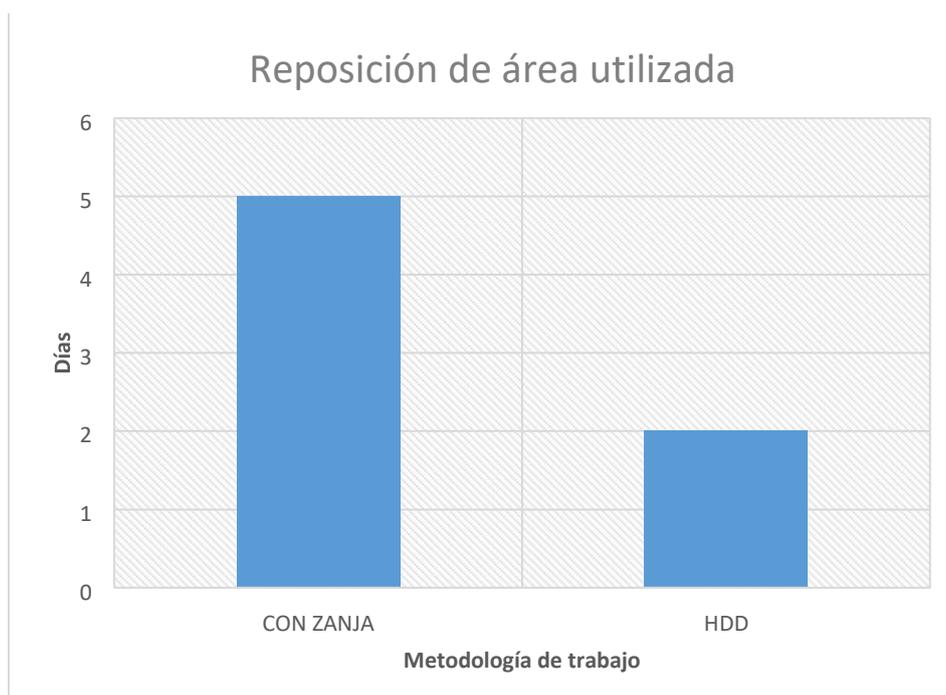


Figura N° 55: Reposición de área utilizada con ambos métodos.
 Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 56: Tiempo total de ejecución con ambos métodos. Fuente: Propia

Para poder pasar a la fase de ejecución, previamente debemos seleccionar la opción más conveniente, en este caso a través de las tablas y gráficos mostrados en el apartado A se evidencia la mejora que conlleva la aplicación de perforación horizontal dirigida.

B) Control de proyectos

Se implementa el control de proyectos para la evaluación de recursos incurridas por partida presupuestal. El presente control también hace un análisis y seguimiento a los rendimientos incluyendo actividades contributivas dentro de las actividades principales. Por lo que, realizada la planificación para cada sistema de trabajo, se evaluará los recursos a utilizar para la implementación de cada metodología mediante la siguiente matriz:

Tabla N° 24
Matriz de Gestión de recursos

MATRIZ DE GESTIÓN DE RECURSOS			
DESCRIPCIÓN	Unidades	EXCAVACIÓN CON ZANJA	HDD
M.O			

Operario	und	x	8		
Peón	und	x	6		
Oficial	und	x	2		
Soldador	und			x	3
Buzo	und	x	3	x	3
Personal especializado	und			x	6
Capataz	und	x	2		
Vigía	und	x	2		
E.Q					
Motosoldadora	und			x	1
Máquina de soldar	und			x	2
Equipo oxicorte	und			x	1
Equipo de buceo	und	x	1	x	1
Canguro compactador	und	x	1		
Brocas de perforación	und			x	1
MATERIALES					
Tubería HDPE D=1000mm PN6	glb	x	1	x	1
Tubería HDPE D=1000mm PN8	glb	x	1	x	1
Entibado	glb			x	1
Bentonita 25kg/aditivos	glb			x	1
Petróleo Gal	glb	x	1	x	1
SUBCONTRATAS					
Excavadora	und	x	2		
Cargador Frontal	und	x	1		
Volquetes	und	x	5		
Medios Marinos	und	X	1	X	1
Cisterna	und	X	1	X	1
Camión grúa	und	X	1	X	1
Máquina de perforación	und			X	1
Lastres de concreto	und	X	1		
Almacén provisional	und	X	1	X	1

Fuente: Elaboración Propia

El grupo de recursos evaluados se dividen en: Mano de obra, Equipos, Materiales y subcontratas. Este itemizado nos indica que hay diferencias entre cantidad de

adquisiciones para cada metodología teniendo como mayor incidencia de gestión de adquisición la metodología tradicional.

En el caso de este proyecto de emisario se emplearon tres criterios de factibilidad, para la evaluación de recursos del Diseño 2. Por lo cual se les asignó un factor numérico incidente y son:

- Disponibilidad de Mano de obra (F1), 0.30
- Disponibilidad de Materiales y Equipos (F2), 0.25
- Disponibilidad de Subcontratas (F3), 0.45

Es importante recalcar que los factores de factibilidad fueron criterios subjetivos cuya ponderación dependió de la evaluación propia dentro de los conocimientos propios de procesos logísticos para este tipo de proyectos.

□ Control de producción

Se implementó un control de rendimiento en la producción de tubería, obteniendo índice de su desempeño y efectividad. Para poder analizar la productividad y el avance diario que se tuvo con esta metodología, se tienen los siguientes resultados:

○ Diseño 1

Según datos obtenidos de fases anteriores al emisario (Tramo terrestre desde la planta tratamiento de aguas residuales hasta cámara de carga). Se obtuvo datos de rendimiento de producción diaria, esto según valorizaciones dadas como información para fines de investigación. Se expresa que el día 90 se habría realizado el 90% del tramo total de manera tradicional, a un promedio de 16.27 metros de tubería al día. Este rendimiento es realizado con el método tradicional y es un rendimiento conocido que sin mayor ciencia indagamos que será su semejante para los trabajos a realizar dentro la construcción del emisario.

○ Diseño 2

La medición de productividad y avance diario de perforación, ensanche y tendido de tubería se logró obtener de documentos brindados por el proveedor de

maquinarias de perforación estas dadas y proyectadas para el proyecto Emisor Submarino PTAR.

Perforación Piloto

Tabla N° 25
Producción diaria – perforación piloto

Barra	Longitud (m)	Longitud Ac. (m)
00	6.18	6.18
01	9.3	15.48
02	9.56	25.04
03	9.63	34.67
04	9.61	44.28
05	9.61	53.89
06	9.54	63.43

Fuente: Elaboración propia.

Como muestra la tabla N°25, el control de producción a evaluar depende de la longitud alcanzada, es decir, los metros perforados por día. En este caso, el avance promedio es de 6 barras por día, correspondientes a la perforación piloto. Cada barra mide 9.5m, lo que se traduce en un avance de 60m por día.

Trabajos de ensanchamiento-20''

Para los trabajos de ampliación del túnel requerido, el avance se incrementa, ya que se tiene el agujero realizado para lo cual sólo hay que rectificar el diámetro, mostrando el siguiente avance

Tabla N° 26
Producción diaria-ensanche 20''

Barra	H inicio	H fin	Barra	H inicio	H fin
01	07:30	07:49	07	14:11	14:23
02	07:52	08:10	08	15:38	15:49

03	08:20	08:36	09	16:01	16:20
04	08:40	08:51	10	16:35	16:45
05	10:00	11:30	11	16:57	17:10
06	12:49	01:10	12	17:20	17:29

Fuente: Elaboración propia.

Trabajos de ensanchamiento-30''

Tabla N° 27

Producción diaria-ensanche 30''

Barra	H inicio	H fin	Barra	H inicio	H fin
01	07:40	08:10	07	14:10	14:32
02	08:40	09:10	08	15:50	16:20
03	09:20	09:40	09	16:38	16:58
04	10:01	10:18	10	17:10	17:29
05	10:42	11:00	11	16:35	17:55
06	11:35	11:52	12	18:20	18:35

Fuente: Elaboración propia.

Trabajos de ensanchamiento-42''

Tabla N° 28

Producción diaria-ensanche 42''

Barra	H inicio	H fin
01	07:30	08:30
02	09:10	09:55
03	10:30	12:10
04	14:20	15:01
05	15:15	16:25
06	17:10	18:20

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos apreciar en las tablas, la producción diaria contabilizados por barra es entre 10 a 12 barras, que se traducen en un avance de 120m aproximadamente por día de trabajo, dicho avance se ve reflejado en la ampliación de 20'' y sus tiempos de ejecución,

La optimización de los tiempos se puede apreciar en los tiempos que el equipo de perforación toma para poder completar un tramo, como 8 a 10 minutos para completar 10m para el primer ensanche.

Para el segundo ensanche tenemos 20 minutos para completar 10m correspondientes al ensanche intermedio de 30''.

Finalmente, para el último ensanche tenemos tiempos de 40 a 60 minutos por barra, debido al tamaño del diámetro del cortador y la masa de terreno que ésta tiene que recortar, los tiempos se extienden haciendo que la producción diaria para esta etapa de perforación fue entre 5 a 6 barras por día, llegando a los 60m aproximadamente.

Tabla N° 29
Criterios de selección de alternativas

	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO HDD
Cumple con los requerimientos SEDAPAL	SI	SI
Cumple el proyecto al plazo fijado	QUIZAS	SI
Costo aceptable de proyecto	NO	SI
Costo ambiental mínimo	NO	SI
Productividad técnica alta	NO	SI

Fuente: Elaboración Propia.

La solución optada para aumentar la productividad y llegar al plazo estimado para la obra Emisario submarino PTAR, Pachacútec fue el método de perforación horizontal dirigida, dado que ha aprobado en cada criterio de selección de alternativas

C) Influencia de la metodología

○ Diseño 1

El monto de obra en costo directo es de S/ 21,369,401.02, si analizamos dicho cuadro podemos percibir que la partida 01.03 asociado a la excavación de zanjas corresponde al 58.47% de la totalidad del proyecto. (Véase Tabla 16)

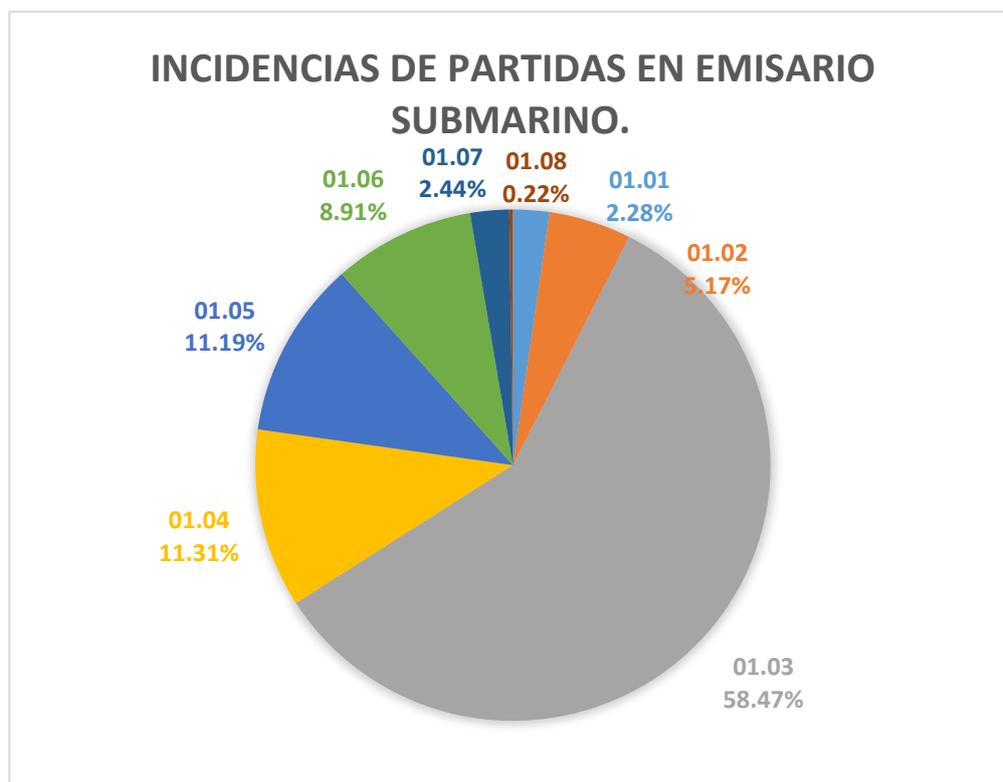


Figura N° 57: Distribución porcentual de incidencias de partidas. Fuente: Elaboración propia.

Según el gráfico N° 57, la mayor incidencia en materia de costo es la partida de excavación con zanja haciendo que abarque mas de la mitad del presupuesto destinado a la ejecución del emisario perteneciente a la planta de tratamiento de aguas residuales.

○ Mejora de diseño de proyectos aplicando Diseño 2 (HDD)

A continuación, se muestra el desglose del presupuesto elaborado para la ejecución de las perforaciones dirigidas para poder evaluar el impacto que genera el cambio de metodología. Mejora del diseño de proyecto para este proyecto de Emisario Submarino aplicando Diseño 2.

Presupuesto para perforación horizontal dirigida

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	P. U	IMPORTE
1.0	Campamento	und	1	S/ 138,384.00	S/ 138,384.00
2.0	SSOMA	und	1	S/ 238,600.00	S/ 238,600.00
3.0	Movilización	und	1	S/ 1,135,000.00	S/ 1,135,000.00
4.0	Set Up	und	1	S/ 70,000.00	S/ 70,000.00
5.0	HDD	ml	768	S/ 12,228.68	S/ 9,391,629.46
6.0	Desmovilización	und	1	S/ 938,000.00	S/ 938,000.00
C.D					S/11,911,613.46

Fuente: Elaboración propia

Como muestra la tabla N° 21, el monto asciende a S/ 11,911,613.46, en el cual el porcentaje de incidencia mayor es el ítem N°5 asociado a la partida de perforación dirigida, sin embargo, podemos visualizar que, como coste total, la perforación es económicamente favorable.

Para el análisis económico por metro lineal tenemos:

Tabla N° 31

Análisis de costo por ml entre metodologías de trabajo

	METODOLOGIA TRADICIONAL	PERFORACIÓN HORIZONTAL DIRIGIDA
Metrado (m)	300.00	380.00
Costo por servicio (S/ miles de soles)	S/ 83,297.69	S/ 12,228.68
Tiempo (días)	125	70
INDICE DE PRODUCTIVIDAD	0.63	2.18

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo al análisis costo – tiempo, podemos asegurar que la implementación de la perforación horizontal dirigida resulta en un 71.02% más productivo que al realizar la metodología tradicional.

Halado de tubería:

Dentro ya de la ejecución se tiene como parte final del proceso del HDD el halado de la tubería a instalar en el túnel realizado por perforación horizontal dirigida, se tuvo jornadas completas de trabajo, puesto que esta actividad se tiene que completar una vez iniciada hasta la introducción total del producto.

Para el halado se requirieron 2 días de trabajo en dos turnos para lograr el objetivo, lo que se traduce en 380m instalados en 48horas de trabajo continuo por parte del equipo de perforación.



Figura N° 58: Halado de tubería desde barcaza. Fuente: Elaboración propia.

○ *IMPACTO SOCIOAMBIENTAL – SOSTENIBILIDAD*

Los costos sociales son difícilmente calculados y por ello no se consideran durante la planificación de un proyecto de construcción, diseño y evaluación de la oferta. En los últimos años se han realizado varios esfuerzos para introducir métodos de predicción de los costos sociales asociados a los proyectos públicos de construcción. Sin embargo, los costos sociales se consideran ahora como un componente más del total del impacto medioambiental en las obras de infraestructura.

Usando el diagrama de Kris Bachus, se tiene:

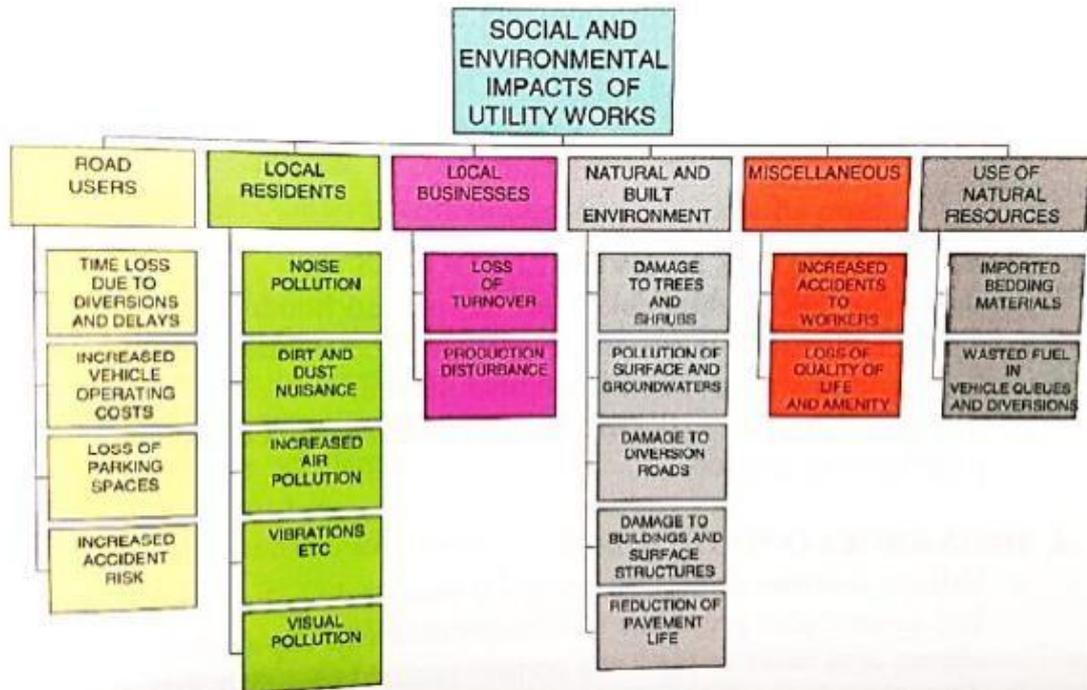


Figura N° 59: Mapa conceptual de impactos de trabajo Fuente: Perhora.

Congestión y atasco vehicular: Al requerir poca área de posicionamiento de equipos y un rango de operacionizad prácticamente estático, no generó tráfico, planes de desvío, cierres parciales o totales de vías públicas, ni retrasos a peatones.

Aditivos ecológicos: Al ser una tecnología verde, el actor principal en estos trabajos es la bentonita, que es una arcilla de origen natural que no tiene impacto alguno sobre el medioambiente y el cual es respaldado por las fichas medioambientales del producto que pasan rigurosas pruebas como es LC-50, el cual demuestra que los aditivos usados en esta perforación son amigables con el medio ambiente y no generan contaminación alguna.

12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para las algas

Este producto no se considera tóxico para las algas.

Toxicidad para los peces

Este producto no se considera tóxico para los peces.

Toxicidad con dafnias y otros invertebrados acuáticos

Este producto no se considera tóxico para los invertebrados.

Nombre químico	Toxicidad para los peces	Toxicidad para las algas	Toxicidad con dafnias y otros invertebrados acuáticos
Silice cristalina (impureza)	LC50 Danio rerio (zebra fish) : > 10000 mg/l 96h	EC50: > 1000 mg/l 72h	LC50 Daphnia magna (Water flea): > 10000 mg/l 24h

Figura N° 60: Información toxicológica sobre la bentonita. Fuente: Propia

Reutilización y reciclaje: Al finalizar la perforación, el material extraído del túnel en la mayoría de ocasiones sirve como material de aporte para obras de reconstrucción tales como reposición y sellado de fisuras en pavimentos o como abono para trabajos de jardinería y áreas verdes, lo que demuestra que el uso de esta tecnología deriva a otras áreas en múltiples beneficios.

Trámites y permisos municipales: Al usar la tecnología de perforación horizontal dirigida, se evitan los procesos y solicitudes municipales que se emplea en la metodología tradicional, puesto que no existe la necesidad de rotura de veredas o tala de árboles para poder ejecutar el procedimiento.

5.1. Análisis de resultados

5.1.1. Análisis de los resultados obtenidos para el objetivo específico 1

La figura, permite responder el problema específico 1: ¿Qué planificación se implementará para incrementar la productividad de una empresa constructora?

Como se puede apreciar en las tablas N°22 y N°23, podemos afirmar que la duración de actividades para la metodología sin zanja a través de la perforación horizontal dirigida resulta más óptima que aplicar metodología tradicional, específicamente visualizamos 28 días de mejor desarrollo del tiempo para actividades preliminares y provisionales, 53 días para actividades de habilitación y ejecución y 3 días en reposición de área

afectada. En síntesis, se muestra un 56% de mejoras en tiempo de ejecución.

Carrera & Avila (2017) ratifica esta información declarando que la aplicación de la perforación dirigida reduce tiempos de ejecución en obra mediante una correcta gestión de planificación desde las actividades previas hasta el cierre de proyecto, de igual forma Alarcón & Rocha (2014) especifica que el método en cuestión mostró una reducción del 30% en tiempos de ejecución en comparación a la metodología tradicional, sin embargo, Ramos (2017) indica que hay que tomar en consideración los rendimientos de la máquina de perforación a elegir, puesto que puede sufrir desperfectos y generar retrasos de ser resueltos a la brevedad, afectando así la planificación inicial y repercutiendo en los días ganados a través del cambio de metodología.

Armijo (2021) menciona que la aplicación de la perforación dirigida genera múltiples beneficios en cuestión de simplificación de procesos de planificación debido a la simplicidad y facilidad de su estructura de trabajo, sin embargo, asevera que la mejora de tiempos es sustancial y que, en casos de compleja distribución de actividades y rutas críticas, la perforación puede mejorar hasta 50% el tiempo de producción.

5.1.2. Análisis de los resultados obtenidos para el objetivo específico 2

La figura permite responder al problema específico 2: ¿Qué controles de proyecto se implementará para optimizar la productividad de una empresa constructora?

Previo conocimiento, distribución y planificación de las actividades a realizar mediante la perforación dirigida es importante gestionar los recursos de manera que la mejora pueda apreciarse a través de una mejor producción, el control de recursos mostró que la mano de obra, maquinaria y el personal administrativo empleado en la tecnología sin zanja es mucho menor en comparación al método tradicional, sin embargo, ésta presenta algunos recursos especiales como medios marítimos, personal especializado y equipos especiales para el tipo de trabajo.

Consecuentemente, el costo por metro lineal de perforación se vio afectado por esta variable, la figura N°57 muestra que existe una incidencia del 58.47% respecto al presupuesto con aplicación de la tecnología tradicional mientras la tecnología sin zanja presenta una incidencia del 78.84% lo que se traduce en una mayor productividad, debido a que en 70 días se podría acceder a la valorización de dicha partida restando un 21.16% de actividades complementarias y de cierre, mientras bajo el otro método aún quedan actividades y montos específicos que representan el 41.53% de la valorización restante.

Esta información es ratificada por Arce (2017), que afirma que, a menor tiempo de ejecución de obra, menor impacto económico y por ende menor costo directo del proyecto y que debido a ello los proyectos de tecnología sin zanja son aproximadamente 20% menor a los mismos costos de las tecnologías tradicionales. Alarcón y Rocha (2014) por su lado sustentan que los costos en instalación de tubería varían según la densidad poblacional debido a que se debería considerar el costo colateral, obteniendo un 30% de ahorro con la tecnología sin zanja.

5.1.3. Análisis de los resultados obtenidos para el objetivo específico 3 A través del diagrama de Kris Bachus y el impacto que genera la tecnología sin zanja podemos visualizar la influencia que ésta presenta en cuanto a la metodología tradicional.

Las pocas alteraciones en superficie, el uso de aditivos ecológicos, así como su derivación medioambiental hacia otros proyectos, hacen que tengan un impacto positivo durante su ejecución,

Siguiendo el factor ambiental, una de las ventajas es la poca o inexistentes partículas de sedimentos o excavaciones, lo cual incrementa significativamente el costo al tener que ser conducido a un relleno controlado.

Se produce una mínima alteración del suelo de la tierra, así como la nula perturbación al ambiente paisajístico.

Constructivamente, reduce los costes de limpieza y recuperación, así como la nulidad en tediosos permisos para interrupciones de vía o roturas de

pavimentos. Esto señala Arce (2017) que afirma que una de las ventajas más populares de este tipo de metodología produce es el beneficio socioambiental que genera. Ergo, Flores (2019), replica que para una correcta implementación de esta metodología primero hay que estar dispuesto al cambio de pensamiento, ya que insiste en que si la población beneficiada no conoce de los beneficios socio-ambientales que pueda ofrecer, seguirán inmersos en la tecnología arcaica.

CONCLUSIONES

1. La mejora propuesta en el diseño N°2 asociado a la implementación de la perforación horizontal dirigida como metodología principal en la ejecución del emisario submarino representa una optimización de productividad de 72.02% con respecto a la aplicación de la metodología tradicional, en la tabla N°31 se visualizan los índices de productividad, siendo la perforación dirigida la opción mas viable.
2. A través de la gestión del tiempo y una correcta planificación (tabla N°23) se demostró que la tecnología sin zanja optimiza el tiempo hasta en un 56% en comparación a la ejecución de trabajos bajo la metodología tradicional el cual ya aseguraba un retraso en el cronograma.
3. La aplicación de la matriz de recursos y los controles de producción mostrados en esta investigación se determinó que la tecnología sin zanja, ofrece ventajas en cuestión de mano de obra, maquinaria pesada y staff profesional ya que reduce considerablemente la incidencia de las mismas en las partidas, donde se pudo establecer que el potencial de utilización de esta tecnología en proyectos de saneamiento es alto, ya que se demostró la parquedad en el presupuesto establecido en la realización, reduciendo hasta en un 50% los gastos incurridos por la metodología tradicional, además de menos recursos y cuadrillas durante su ejecución lo cual demuestra que es una metodología viable y que debería ser considerada como mejora en los distintos proyectos de saneamiento. Por otro lado, el costo por metro lineal corresponde también un flujo económico positivo, ya que

debido a la simplicidad y objetividad de su operación garantiza lo que las empresas buscan hoy en día: hacer más con menos.

4. La influencia que genera la perforación horizontal dirigida se ve reflejado en el mapa conceptual de Kris Bachus en la Figura N°59, los bajos costos de restauración y el mínimo impacto negativo sobre el espacio, además de ser una tecnología que va de la mano con el medio ambiente, al no haber excavaciones en zonas sensibles queda descartada la posibilidad de sedimentos ni erosión, por lo que el impacto que estas actividades generan son beneficiosas tanto económico, social y ambiental,
5. La más compleja limitación que actualmente posee la perforación horizontal dirigida y su aplicación como tecnología sin zanja en la mejora de proyectos es el grado de desconocimiento, falta de profesionales especializados y empresarios que puedan apostar en su implementación en territorio peruano, a través de los antecedentes en el presente trabajo de investigación vimos que el desarrollo de esta tecnología actualmente es muy escaso, panorama muy distinto en los demás países del mundo que adoptaron dicha tecnología como un método de forma ordinaria.

RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis cuantitativo de costos sociales y medioambientales puesto que podemos obtener otra ratio de evaluación para confrontar dichas metodologías.
2. Indagar y explorar las múltiples alternativas que poseemos en cuanto a la utilización de tecnología sin zanja y sus diversas aplicaciones como tunnel liner o pipe ramming, que son tecnologías de restitución de tuberías que también reemplazan a la metodología tradicional.
3. Los investigadores sugieren que nuestra alma máter pueda concebir en su tarea diaria hacia el universitario educando, el fomento hacia la búsqueda de nuevas tecnologías como es la perforación horizontal dirigida, ya que uno de los fines de la presente investigación es incentivar a que el lector pueda interesarse de esta tecnología y proponer esta mejora en su proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon Rocha, J. A., & Pacheco Calvo, J. L. (2014). *Comparación Tecnológica y Costos del Método de Instalación de Tuberías Sin Zanja(TRENCHLESS) Más Eficiente Para los Suelos Encontrados en Bogota*. Tesis doctoral, PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Bogota.
- Arce Obregon, J. (2016). *Aplicación de tecnología sin zanja para mejorar la productividad en la rehabilitación de redes de alcanrillado, Comas*. TesisDiseño De Obras Hidráulica y Saneamiento, Universidad César Vallejo, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12597?show=full>
- Armijo Rodríguez, C. A. (2021). *Gestión de proyectos para cambio de método de renovación de redes de agua, teniendo como estudio de caso el proyecto : "Refacción de la red de agua potable del distrito 10 de la ciudad de Cochabamba"*. Universidad Europea del Atlántico, Cochabamba.
- Asociación Ibérica de Tecnología SIN Zanja. (2021). <https://tecnologiasinzanja.org/>. Obtenido de <https://tecnologiasinzanja.org/quienes-somos/tecnologias-sin-zanja/>
- Ávila Armijos, J. C., & Carrera Clerque, H. C. (2017). *Perforación horizontal dirigida, en pasos de líneas de conducción de agua potable bajo vías de primer orden*. Quito: UCE. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/13133>
- Baquero, P. J., & Matamoros, C. J. (2021). *Análisis comparativo de la gerencia de obras usando un sistema de perforación horizontal dirigida vs. excavación a cielo*

abierto, en la instalación de redes subterráneas. Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia.

- Botero, L. (2006). *Construcción Sin Pérdidas. Análisis De Procesos Y Filosofía Lean Construction.* Lima: Legis Editores.
- Castro Castro , J., & Guadarrama Robles, F.-T. (2007). *Perforación Horizontal Direccional Ejemplo de aplicación : Cruzamiento subfluvial.* Tesis.
- Felicidad Mínguez, S. (2015). *Métodos de Excavación sin zanja.* Master Universitario.
- Flores Castañeda, A. A. (2019). *Aplicación del método de perforación horizontal dirigida, para incrementar la productividad de la instalación de líneas de agua en el proyecto de saneamiento Nicolás de Piérola, Santa Clara Sur.* TESIS, UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ, Lima.
- Gallegos, H. (2006). Problemas de la Ingeniería en el Perú. *Revista de Ingeniería.*
- (2017). *Guía de los Fundamentos de la Dirección de los proyectos.*
- Harrington, H. (2017). *Administración Total del Mejoramiento Continuo: La Nueva Generación.* Bogotá: McGraw Hill.
- Hector, S. (2010). *Flujo de agua transitorio en excavaciones en suelo.* UNAM, Instituto de Ingeniería .
- Jesús, S. (2022). *¿Qué es la productividad, cómo se calcula y qué efectos tiene sobre la empresa?* (E3, Editor) Obtenido de www.economia3.com.
- Miguel, E. O. (2019). Tecnologías Sin Zanja. Sentido común. *Revista Obras Urbanas número 74.* Obtenido de <https://www.obrasurbanas.es/tecnologias-sin-zanjasentido-comun/>
- Oblitas de Ruiz, L. (2021). *Servicio de agua potable y saneamiento en el Perú: beneficios potenciales y determinantes del éxito.* CEPAL.
- Ocampo Vélez, P. (2009). Gerencia logística y global. *Escuela de Administración de Negocios*, 113- 136.
- Ramos Trejo, O. A. (2017). *Perforación horizontal direccional aplicación en cruzamiento subfluvial.* Especialidad en Geotecnia, Universidad Nacional

Autónoma de México. Obtenido de

<http://132.248.9.195/ptd2017/abril/0757993/Index.html>

Rodriguez Castillejo, W., & Valdez, C. D. (2012). *Mejoramiento de la productividad en la construcción de obras con Lean Construction*. Lima: Culturabierta.

SUNNAS. (2020). *DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LAS EPS DEL PERÚ*. Estudio, GTZ/PROAGUA.

Yepes Piqueras, V. (Abril de 2016). Obtenido de victoryepes.blogs.upv.es/:
<https://victoryepes.blogs.upv.es/2016/04/15/introduccion-a-la-perforacionhorizontal-dirigida-phd/>

ANEXOS

Anexo A. Matriz de Consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES DIMENSIONES E INDICADORES	METODOLOGÍA
------------------	-----------	-----------	--	-------------

<p>¿Cómo mejorar el diseño de proyectos de saneamiento para optimizar la productividad de una empresa constructora?</p>	<p>Proponer mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de optimizar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.</p>	<p>La aplicación de la perforación horizontal dirigida en el diseño de proyectos de saneamiento incrementa la productividad de una empresa constructora</p>	<p>I) VARIABLE INDEPENDIENTE: Diseño de proyectos de saneamiento: Son proyectos cuya finalidad es el desarrollo social, cultural y económico de la población, dotando así en forma satisfactoria y eficiente los servicios. DIMENSIONES x1) Planificación x2) Control de proyecto x3) Metodología Indicadores y1) Cronograma y2) Parmetros de control</p>	<p>Investigación mixta: Datos cualitativos y cuantitavos</p>
			<p>y3) Proceso constructivo y3) Procedimiento de trabajo</p>	<p>Diseño</p>
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p>	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p>	<p>HPÓTESIS ESPECÍFICAS</p>		

<p>a). ¿Qué planificación se implementará para incrementar la productividad de una empresa constructora?</p>	<p>Determinar la planificación óptima de un proyecto para incrementar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida</p>	<p>Una planificación óptima de un proyecto aplicando la perforación horizontal dirigida mejora la productividad de una empresa constructora en obras de saneamiento.</p>	<p>I) VARIABLE DEPENDIENTE: Productividad: Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y de recursos utilizados para obtener dicha producción. DIMENSIONES x1) Productividad</p>	<p>No experimental Transeccional Correlacional</p>
<p>b) ¿Qué controles de proyecto se implementará para optimizar la productividad de una empresa constructora?</p>	<p>Aplicar un control de proyectos en una obra de saneamiento aplicando la tecnología de perforación horizontal dirigida para optimizar la productividad de una empresa constructora</p>	<p>El empleo de un de control de proyectos donde interviene la perforación horizontal dirigida produce la optimización de recursos y mejora de productividad de una empresa constructora</p>	<p>Indicadores y1) Beneficio económico/social y1) Longitud instalada de tubería y1) Tiempo de ejecución del proyecto y1) Parametros de producción de calidad</p>	
<p>c) ¿De qué manera la metodología aplicada en el diseño del proyecto influye en la optimización de la productividad en una empresa constructora?</p>	<p>Determinar la influencia de la metodología aplicada al diseño de proyectos para optimizar la productividad de una empresa constructora.</p>	<p>La aplicación de la metodología sin zanja aplicada al diseño de proyectos de saneamiento repercute de forma positiva la productividad de una empresa constructora</p>		

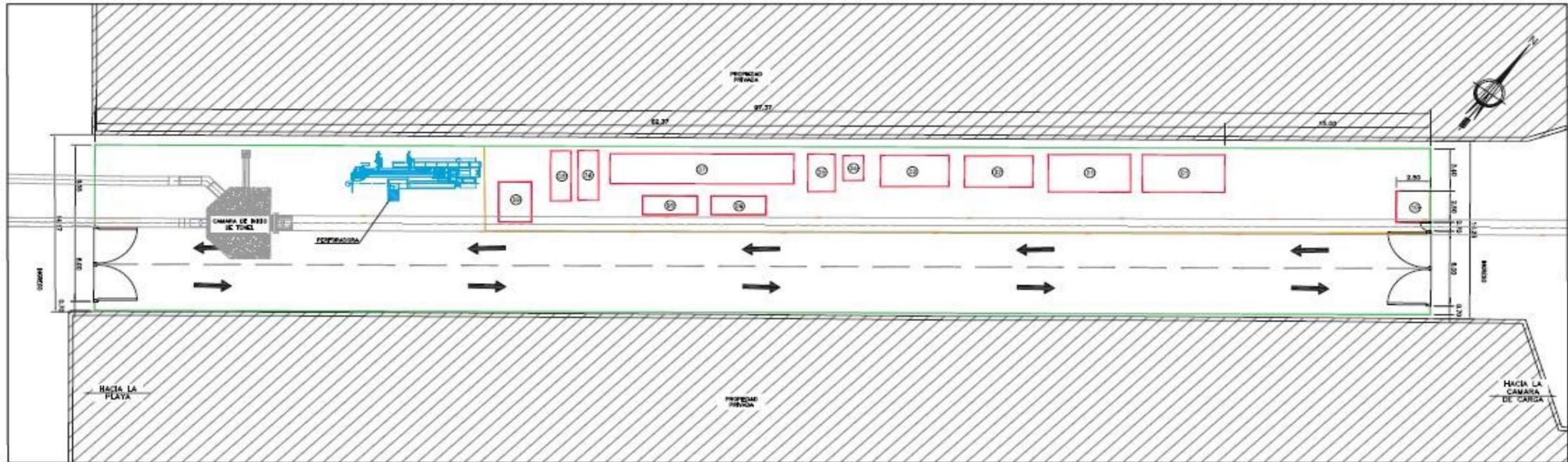
Anexo B: Matriz de Operacionalización

<p>OBJETIVO GENERAL</p>	<p>VARIABLES PRINCIPALES</p>
--------------------------------	-------------------------------------

Proponer mejoras en el diseño de proyectos de saneamiento con la finalidad de optimizar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida.	X: Diseño de proyectos		Y: Productividad
	DIMENSIONES DE X		DIMENSIONES DE Y
	X1	Metodología	Y1 Productividad
	X2	Planificación	
	X3	Control de proyecto	
	INDICADORES DE X		INDICADORES DE Y
Proceso constructivo.		Longitud instalada de tubería	
Procedimiento de trabajo.		Tiempo de ejecución del proyecto	
Cronograma.		Parámetros de producción y calidad	
Control de proyecto.			
OBJETIVOS ESPECIFICOS 1	Determinar la planificación óptima de un proyecto para incrementar la productividad de una empresa constructora a través de la perforación horizontal dirigida		
OBJETIVOS ESPECIFICOS 2	Aplicar un control de proyectos en una obra de saneamiento aplicando la tecnología de perforación horizontal dirigida para optimizar la productividad de una empresa constructora		
OBJETIVOS ESPECIFICOS 3	Determinar la influencia de la metodología aplicada al diseño de proyectos para optimizar la productividad de una empresa constructora.		

Anexo C

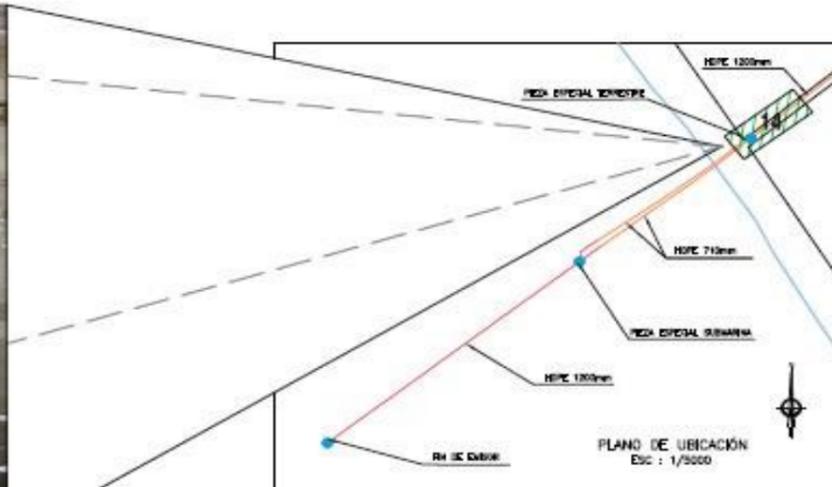
: Plano de distribución de equipos.



PLANTA-UBICACIÓN
Esc: 1/100



FOTOGRAFIA REFERENCIAL
Esc: 5/6



NOMENCLATURA DE OBRAS PROMISIONALES	
ITEM	DESCRIPCION
1	CONDICION OBRAS
2	CONDICION ALICATA HORMIGON Y ACERADO
3	CONDICION ALICATA HORMIGON Y REJAS DE PROTECCION
4	GRUPO DESTINADO PARA FUNDAS SINGLES Y ANCLA DE SUELO
5	GRUPO DESTINADO PARA GRUPO CONTROL DE SUELOS
6	CONDICION DE SUELO
7	EQUIPO DE CONTROL DE SUELO
8	CONDICION DE SUELO
9	GRUPO DE FUNDAS
10	CARRETA DE CARGA



sedapal
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALcantarellado de Lima
AMPLIACION Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALcantarellado PARA EL MACRO PROYECTO PACHACUTEC DEL DISTRITO DE MONTAÑA ALTA PARA 3 CONDOMINIOS EN UN AREA DE 100 HECTAREAS

ELABORACION DEL EXPEDIENTE TECNICO CORRESPONDIENTE A LA PRESTACION DEL SERVICIO DE OBRAS Y DISTRIBUCION DE AGUA RESIDUAL POR LAS INSTALACIONES EN EL EXPEDIENTE TECNICO REFERENTE AL DISEÑO SUBMARINO

CONSORCIO SUPERVISOR PACHACUTEC

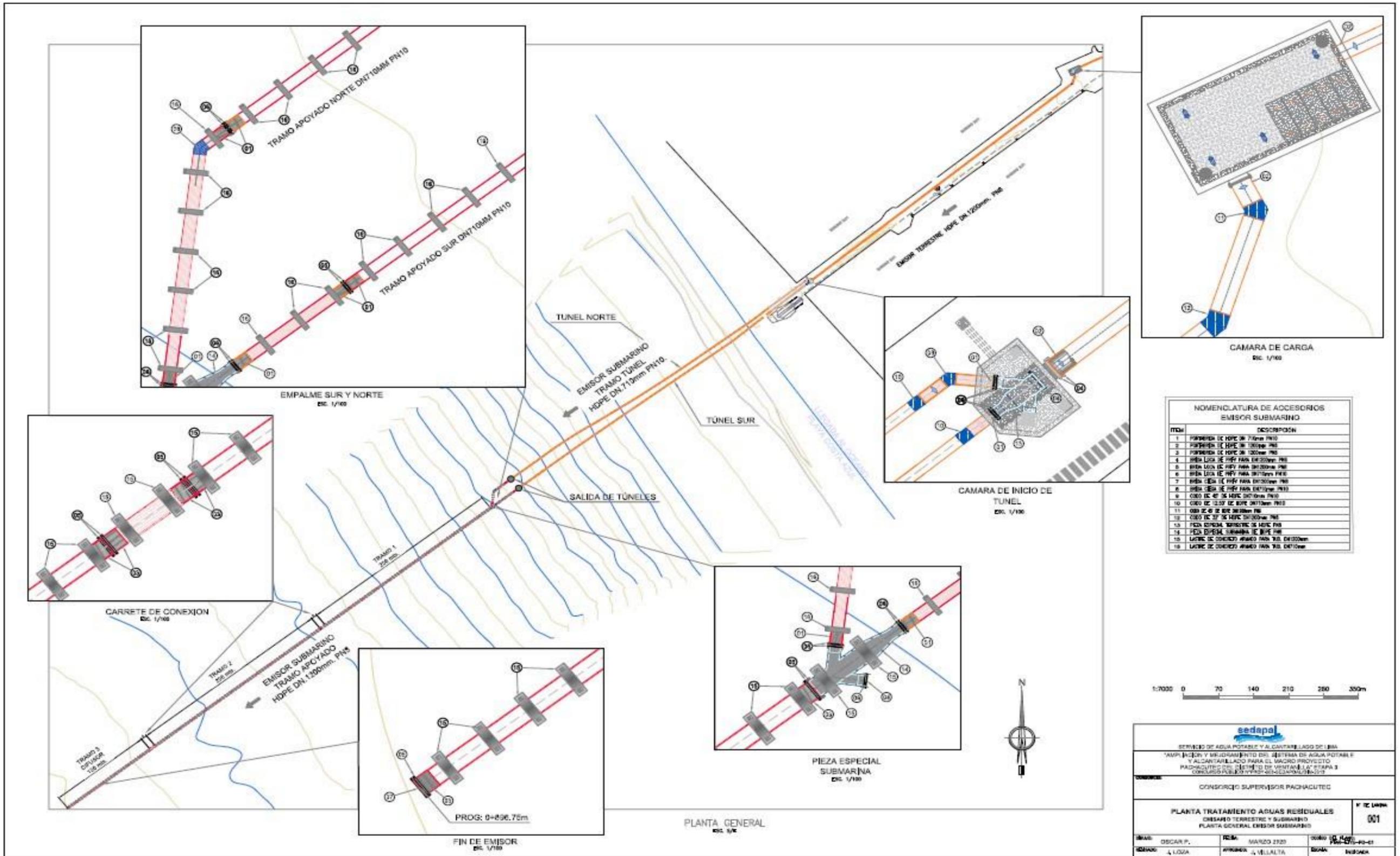
PLANTA TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES
DISEÑO SUBMARINO
DISTRIBUCION DE AREAS DE TRABAJO NOO

Nº DE LAMINA: **025**

ELABORADO: OSCAR P. REVISADO: MARZO 2020 DISEÑO DEL PLANO: FEB-20-2020
DIBUJADO: J. LOZA REVISADO: J. VILLALTA ESCALA: NERKSA

Anexo D

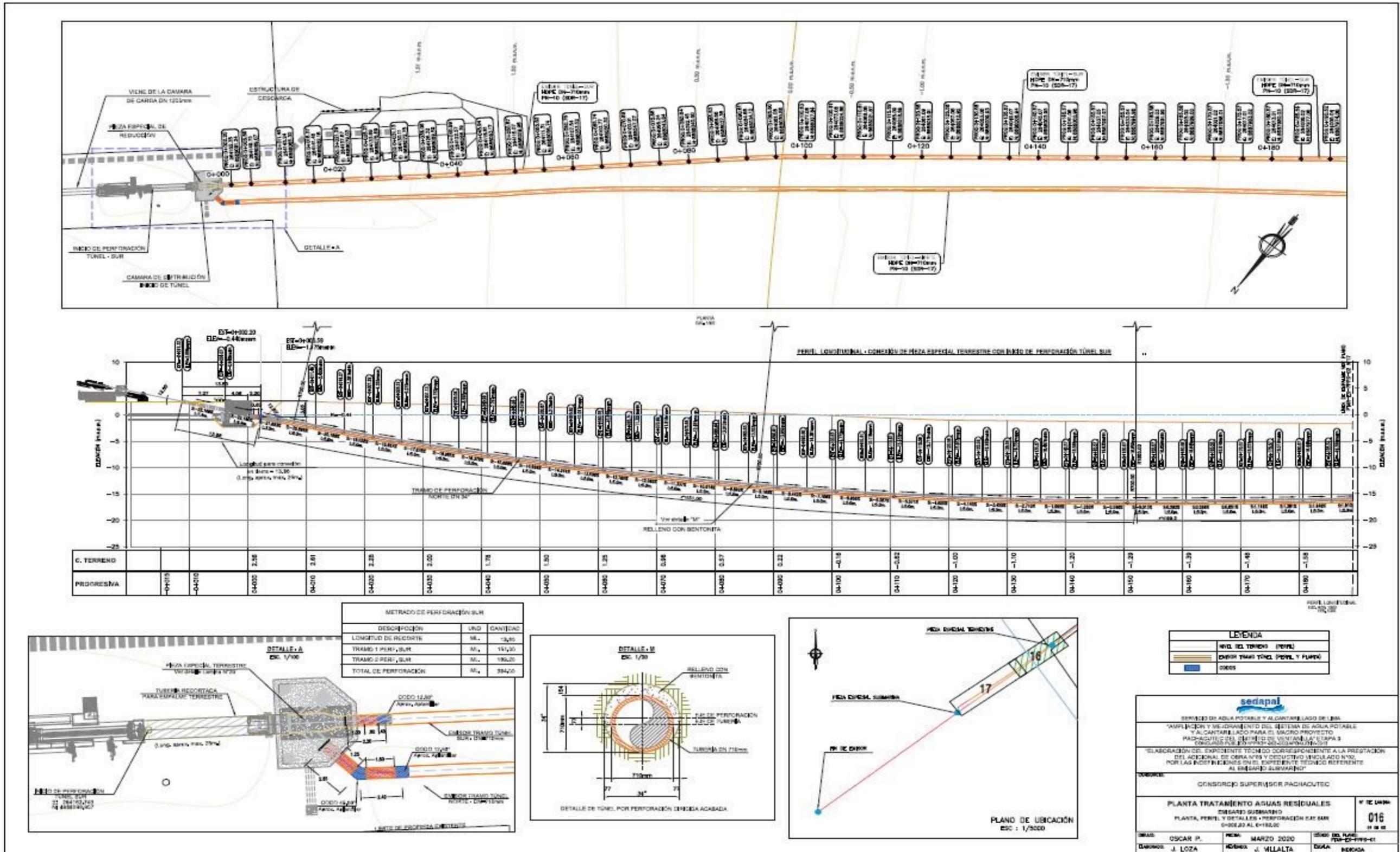
: Planta general del emisario submarino



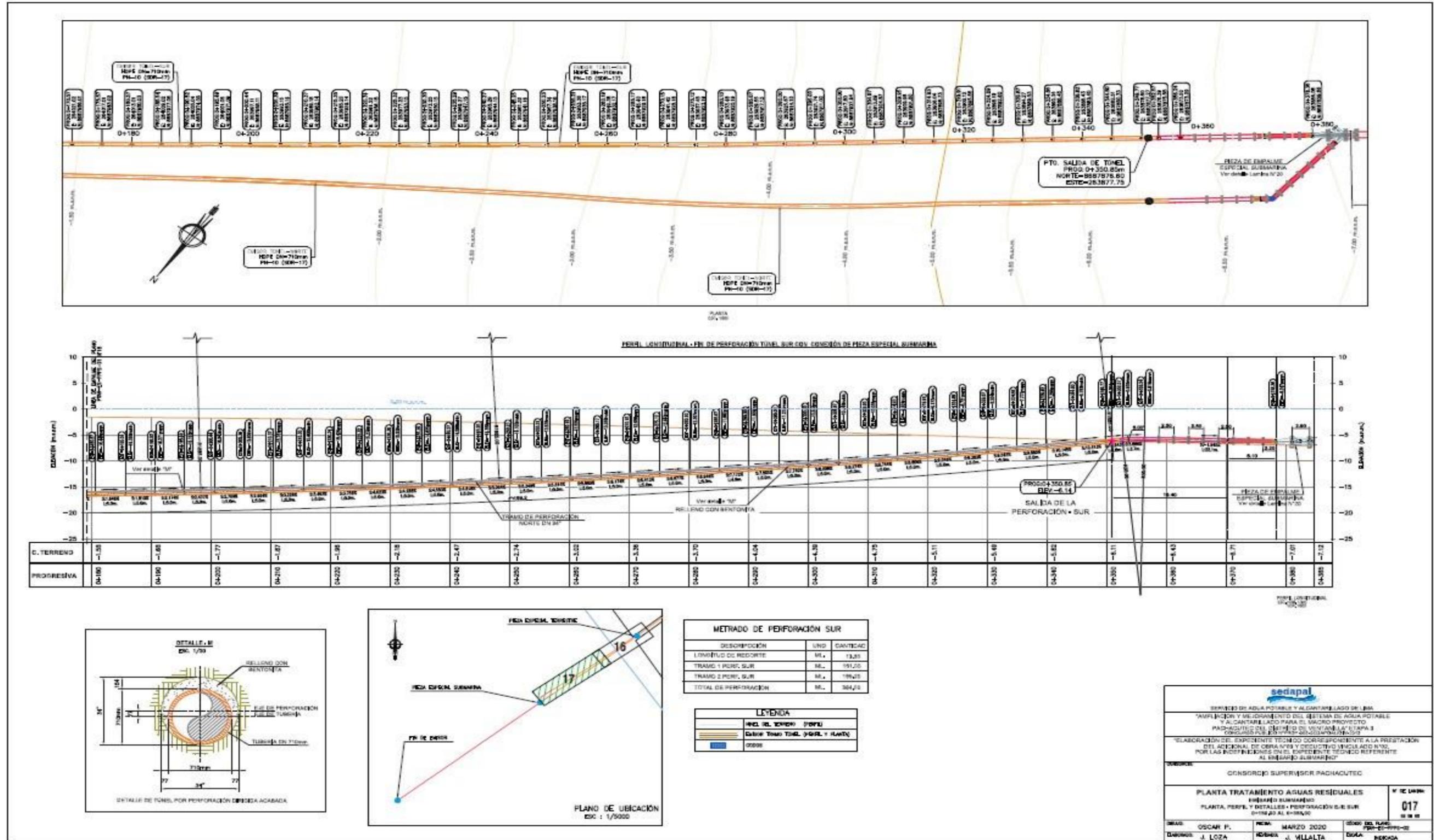
NOMENCLATURA DE ACCESORIOS EMISOR SUBMARINO

ITEM	DESCRIPCION
1	FORNIDA DE HDPE DN. 711mm PN10
2	FORNIDA DE HDPE DN. 1000mm Pn8
3	FORNIDA DE HDPE DN. 1200mm Pn8
4	BIEN LIGA DE HDPE PARA DN. 1000mm Pn8
5	BIEN LIGA DE HDPE PARA DN. 1200mm Pn8
6	BIEN LIGA DE HDPE PARA DN. 711mm PN10
7	BIEN LIGA DE HDPE PARA DN. 1000mm Pn8
8	BIEN LIGA DE HDPE PARA DN. 1200mm Pn8
9	CODO DE 45° DE HDPE DN. 711mm PN10
10	CODO DE 135° DE HDPE DN. 711mm PN10
11	CODO DE 45° DE HDPE DN. 1000mm Pn8
12	CODO DE 135° DE HDPE DN. 1000mm Pn8
13	PIEDA BOMBA TERRESTRE DE HDPE Pn8
14	PIEDA BOMBA SUBMARINA DE HDPE Pn8
15	LACRE DE CONEXION ANILLO PARA TUB. DN. 1000mm
16	LACRE DE CONEXION ANILLO PARA TUB. DN. 1200mm

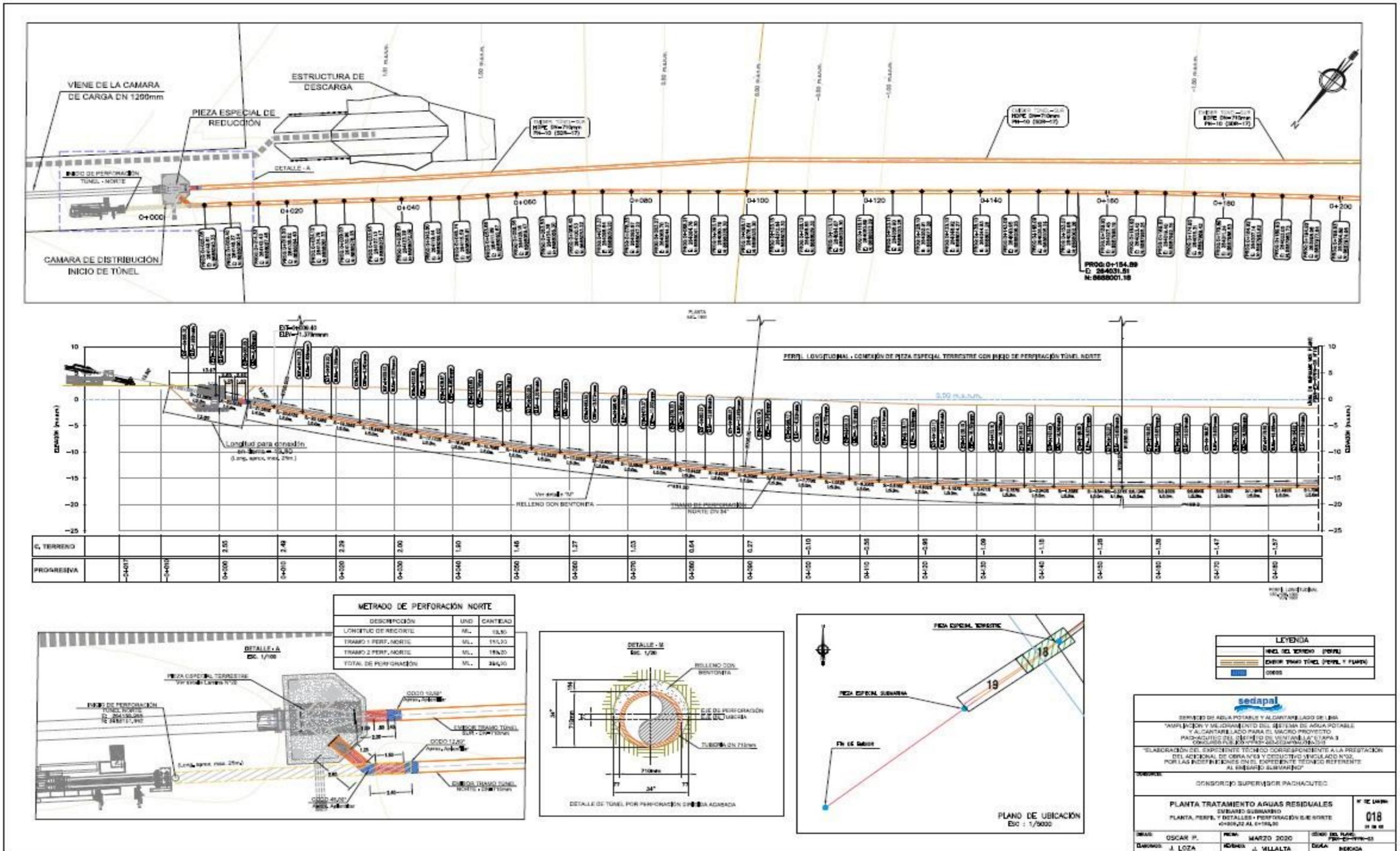
: Perfil longitudinal Túnel Sur 01/02



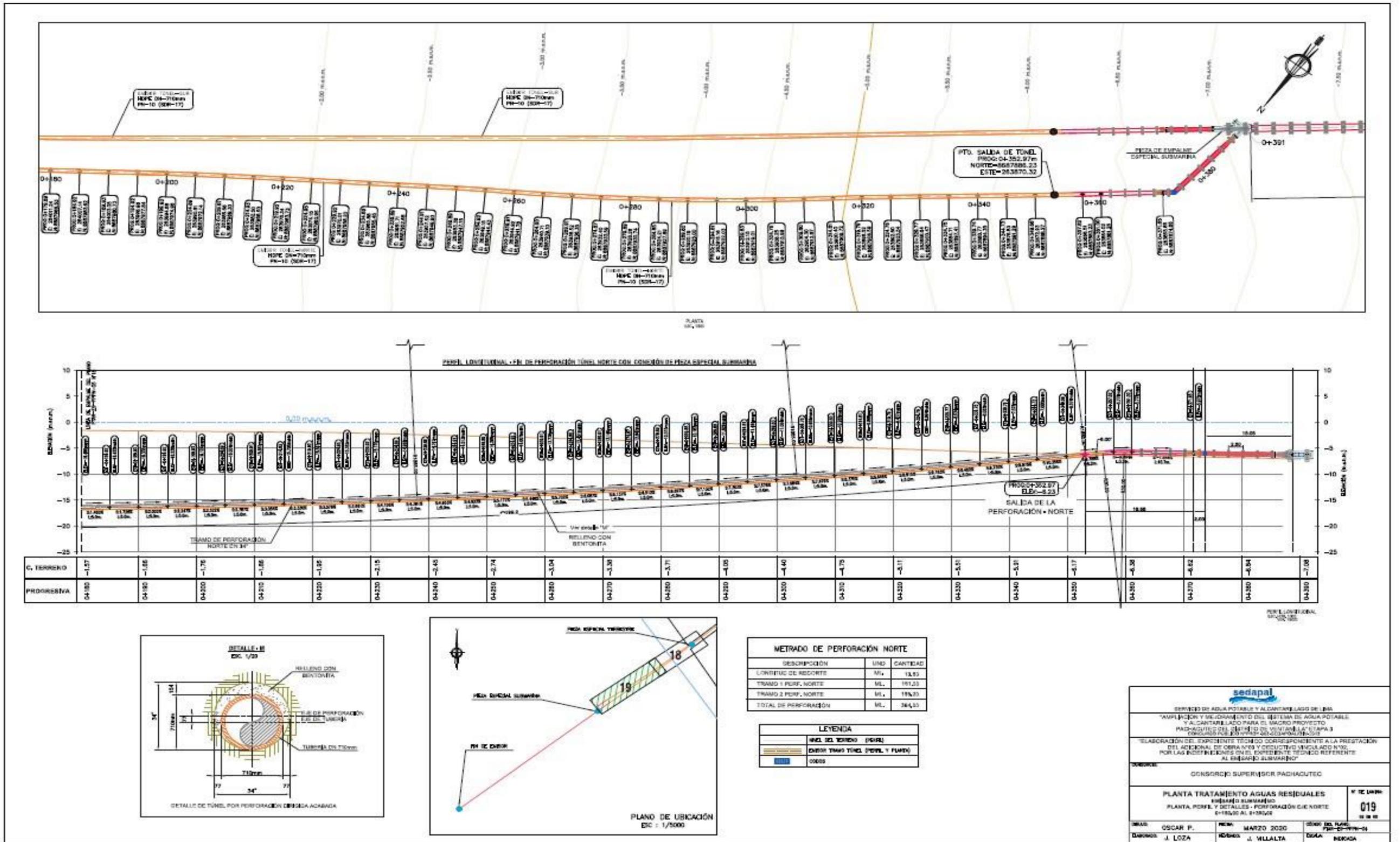
: Perfil longitudinal Túnel Sur 02/02



: Perfil longitudinal Túnel Norte 01/02



: Perfil longitudinal Túnel Norte 02/02



Anexo I: Permiso de la empresa para utilización de datos.

CARTA N° 0178-2022

Lima 10 de abril de 2022

Sres,

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA

33, Av. Alfredo Benavides 5440, Santiago de Surco 15039

Asunto: Autorización de información para trabajo de investigación

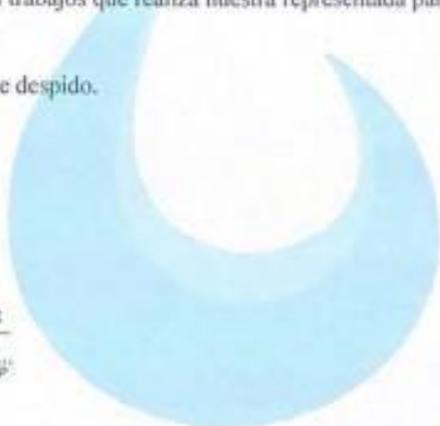
Referencia: a) CONTRATO DE LOCACIÓN DE SERVICIOS N° 0962-2021.

De nuestra mayor consideración:

Sirva la presente para saludarlos cordialmente, y a la vez, informar sobre la autorización al Sr. Guianfranco De La Rosa Tinoco con DNI 72551960 y al Sr. Favio Christ Silva Espinoza con DNI 76035543 a fin de que puedan utilizar los datos, figuras o fotografías de la ejecución de los trabajos que realiza nuestra representada para la elaboración de su tesis.

Sin otro particular, me despido.

Atentamente,



RB IMPORTEK SAC
KENZO K. BRAVO LLONTOP
GERENTE GENERAL



Guianfranco De La Rosa Tinoco
Bachiller Ingeniería Civil
Universidad Ricardo Palma



Favio Christ Silva Espinoza
Bachiller Ingeniería Civil
Universidad Ricardo Palma

MEJORAS EN EL DISEÑO DE PROYECTOS DE SANEAMIENTO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCTIVIDAD DE UNA EMPRESA CONSTRUCTORA

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	2%
3	victoryepes.blogs.upv.es Fuente de Internet	1%
4	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.obrasurbanas.es Fuente de Internet	1%
6	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	infonavit.janium.net Fuente de Internet	1%
8	www.aguasresiduales.info Fuente de Internet	1%

9	es.slideshare.net Fuente de Internet	1 %
10	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad del Istmo de Panamá Trabajo del estudiante	<1 %
12	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
13	www.universitatcarlemany.com Fuente de Internet	<1 %
14	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	www.catalanadeperforacions.com Fuente de Internet	<1 %
16	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
17	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
18	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
19	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
20	biblioteca.usac.edu.gt	

Fuente de Internet

<1 %

21

tienda.icontec.org

Fuente de Internet

<1 %

22

repository.unipiloto.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

23

CARLOS DANIEL ALONSO GUZMAN. "Modelo híbrido para la toma de decisiones en programas de rehabilitación de tuberías para sistemas de abastecimiento de agua: Aplicación a la ciudad de Celaya, Gto. (México)", Universitat Politecnica de Valencia, 2010

Publicación

<1 %

24

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad Tecnologica del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

26

oa.upm.es

Fuente de Internet

<1 %

27

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

28

dspace.espol.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

29	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1 %
30	repository.ucatolica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
31	tecconsciviles.udistrital.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1 %
32	Submitted to unjbg Trabajo del estudiante	<1 %
33	landprx.pdxproxy.blm.gov Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad de Ciencias y Humanidades Trabajo del estudiante	<1 %
36	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.ensabap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	www.mindmeister.com Fuente de Internet	<1 %
39	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
40	www.clubensayos.com	

Fuente de Internet

<1 %

41

www.econosublime.com

Fuente de Internet

<1 %

42

es.wikipedia.org

Fuente de Internet

<1 %

43

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

44

sites.google.com

Fuente de Internet

<1 %

45

web.siaa.unam.mx

Fuente de Internet

<1 %

46

repositorio.ug.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

47

Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru

Trabajo del estudiante

<1 %

48

pt.scribd.com

Fuente de Internet

<1 %

49

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

50

sopladordeaire.blogspot.com

Fuente de Internet

<1 %

51

tesis.ucsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

52

cybertesis.urp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

53

repositorio.unc.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

54

revistaprismasocial.es

Fuente de Internet

<1 %

55

Submitted to Instituto de Educación Superior
Tecnologico Privado de la Construccion
CAPECO S.A.C.

Trabajo del estudiante

<1 %

56

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a
Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

<1 %

57

idus.us.es

Fuente de Internet

<1 %

58

bibliotecavirtualoducal.uc.cl

Fuente de Internet

<1 %

59

repositorio.upch.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

60

www.diariomedico.com

Fuente de Internet

<1 %

61

coordination.asia

Fuente de Internet

<1 %

62	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
63	www.allmundi.com Fuente de Internet	<1 %
64	www.sepla.es Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1 %
66	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
67	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
68	www.jourlib.org Fuente de Internet	<1 %
69	ciencia.lasalle.edu.co Fuente de Internet	<1 %
70	diposit.ub.edu Fuente de Internet	<1 %
71	powerfishing.com.ar Fuente de Internet	<1 %
72	www.elheraldo.com.ec Fuente de Internet	<1 %
73	www3.vivienda.gob.pe Fuente de Internet	<1 %

74	Cristian Ariel Olguín Pinatti. "APROXIMACION AL BIOMIMETISMO MEDIANTE LENGUAS Y NARICES ELECTRÓNICAS EN MEDIOS COMPLEJOS: DETECCIÓN DE EXPLOSIVOS, AGENTES NERVIOSOS Y CONTROL DE ALIMENTOS", Universitat Politecnica de Valencia, 2017 Publicación	<1 %
75	Raquel Garzón Lloría. "Análisis estructural de los productos derivados de cereales y su aplicación en la optimización de procesos y productos", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
76	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
77	fccortes.galeon.com Fuente de Internet	<1 %
78	fr.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
79	medicioneconomica.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
80	repositorio.une.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
81	repository.eafit.edu.co Fuente de Internet	<1 %

82	techdocs.broadcom.com Fuente de Internet	<1 %
83	transportesynegocios.wordpress.com Fuente de Internet	<1 %
84	www.cch.unam.mx Fuente de Internet	<1 %
85	www.italaw.com Fuente de Internet	<1 %
86	www.proyectosapp.pe Fuente de Internet	<1 %
87	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
88	archive.org Fuente de Internet	<1 %
89	ri.ues.edu.sv Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Activo