



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS”.**

Para optar al título de Ingeniero Agrícola

Elaborado por

Br. Marvin Danilo Ortega Lazo
Br. Deybing Josue Jirón Martínez

Tutor

Ing. Luis Silverio López Duarte

Managua, Septiembre 2019



Managua, 03 de Septiembre del 2019

Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano Facultad Tecnología de la Construcción
Su Despacho

Estimado Dr. Gutiérrez.

Reciba cordiales saludos

Por medio de la presente le remito el trabajo monográfico titulado **“DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS”**, elaborada por los Brs. Marvin Danilo Ortega Lazo y Deybing Josue Jirón Martinez, para poder optar al título de Ingeniero Agrícola.

Cabe mencionar, que ya han sido incorporadas las observaciones realizadas por el Jurado en el proceso de pre defensa, por cuanto, he aprobado su entrega, a fin que este sea sometido al proceso de presentación y defensa.

Sin otro particular al cual hacer referencia, me despido deseándole éxitos en sus funciones.

Atentamente



Ing. Luis Silverio López Duarte
Tutor

CC: Sustentantes
Archivo



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.086
Managua, Agosto 20 del 2018

Bachilleres
MARVIN DANILO ORTEGA LAZO
DEYBING JOSUÉ JIRÓN MARTÍNEZ
Su atención

Estimados Bachilleres:

Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema **MONOGRAFICO**, titulado "**DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS**". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el **Ing. Luis Silverio López Duarte**, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **20 de Febrero del 2019**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
IJGG*Dara



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC.FTC.REF No. 093
Managua, 14 Agosto del 2019.

Bachilleres
MARVIN DANILO ORTEGA LAZO
DEYBING JOSUÉ JIRÓN MARTÍNEZ
Presentes


Estimados (as) Bachilleres:

En atención a su carta de solicitud de **PRORROGA (DE 1 MES)**, para efectuar la pre-defensa de su trabajo de **Monografía** titulado **"DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE, EN EL MUNICIPIO DE SAN CARLOS"**. Esta Decanatura aprueba la misma considerando los problemas planteados en su comunicación.

Deberá presentar concluido su documento debidamente revisado por el tutor guía **el 20 Septiembre del 2019**. Para la programación de su fecha de pre-defensa.

Esperando de ustedes puntualidad en la entrega de su trabajo final, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano

CC: Tutor
Archivo-Consecutivo

Dedicatoria

La vida se encuentra plegada de retos, y uno de ellos es la Universidad. Tras vernos dentro de ella, nos hemos dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para nuestro entendimiento del campo en el que nos hemos visto inmerso, si no a lo que concierne la vida y futuro.

Nuestra tesis está dedicada primeramente a Dios, por darnos la vida, llena de bendiciones, salud, paz y amor, por permitirnos culminar este gran reto en nuestras vidas, fortaleciendo nuestros conocimientos y dejando frutos a las generaciones futuras. A nuestra Madre Santísima Virgen María, por siempre estar a nuestro lado como la madre que es guiándonos hacia el mejor camino y protegiéndonos con su santo manto ante las asechanzas del enemigo.

A nuestros padres y familias, que siempre estuvieron brindándonos su infinito apoyo incondicional durante esta ardua carrera, y que sabemos, siempre estarán para nosotros en los retos futuros.

A Ing. Felix Gerónimo Estrada Pastran, de quien tuvimos la oportunidad, sea nuestro asesor en nuestra tesis, que con sus consejos, guías, ánimos, regaños, dedicación y apoyo nos ayudó a culminar esta importante etapa.

A la empresa AQUATEC, S.A., que nos brindó la oportunidad de realizar este estudio, bajo su supervisión y apoyo incondicional.

Deybing Josue Jiron Martinez.

Marvin Danilo Ortega Lazo

Agradecimientos

Dios, tu amor y bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores los cuales me hacen más humano. Este trabajo de tesis ha sido una gran bendición en todo sentido y te lo agradezco padre, y no cesan mis ganas de decir gracias a ti que esta meta está cumplida. A mi Madre Santísima la virgen María, por siempre escuchar mis oraciones, e interceder ante Dios, por cada una de mis necesidades.

Gracias a mi madre Gloria María, a mi padre Erick Hugo, a mi hermana Gloria Elizabeth, a mi abuela María de Lourdes y a mi tío Luis Quintero, por estar siempre a mi lado cuando más los necesite, en mis buenos y malos momentos de mi corta vida, por mostrarme en cada momento su apoyo incondicional y el interés para que estudie y me desarrolle completamente en todos los aspectos de mi vida, ya que son para mí la base fundamental de mi vida, pues ellos me han sabido guiar, levantarme y sostenerme.

Agradezco a mi tutor Ing. Luis Silverio López Duarte por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimiento científico, así como también haberme tenido la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

A mi Alma Mater, UNI por haberme aceptado para ser parte de ella y abierto las puertas de su ceno científico para poder estudiar mi carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y su apoyo para seguir adelante día a día.

A mis amigos Mercedes Ayestas, Ivania Bermudez, Yolanda Estefanía por ser parte importante para mi vida, gracias por sus ánimos, por sus consejos, por sus preocupaciones y por haberme brindado su apoyo en el desarrollo de mi carrera.

Deybing Josue Jiron Martinez.

A Dios;

Por darme la sabiduría y su respaldo en poder culminar una etapa más de mi vida lo que conlleva finalizar Mi carrera Profesional.

A mi Madre;

Por su constante apoyo económica y moralmente para poder llegar hasta este momento.

A mi Familia;

A mis padres y tíos Por siempre creer en mí, por brindarme su ayuda siempre que la necesite.

A mi tutor;

Ing. Luis Silverio López, Por apoyarnos y alentarnos en culminar el trabajo monográfico, por su tiempo y dedicación hacia nosotros, por su paciencia para guiarnos para que esta tesis sea un éxito.

A mi Asesor;

Ing. Félix Estrada, por brindarme su apoyo en las asesorías técnicas sin ningún interés alguno así como también alentarme a culminar esta tesis Monográfica.

Marvin Danilo Ortega Lazo

Resumen

El sistema de distribución de agua potable en la ciudad de San Carlos tiene algunas deficiencias relacionadas con el rendimiento de los equipos, especialmente las bombas, las cuales están obsoletas, por lo que, no cumple con los parámetros de caudal y potencia requerida para la operación óptima del sistema, por otro lado se tienen problemas constantes de averías y fallas debido al desgaste del sistema, y no se cuenta con un plan de contingencia.

Para la optimización del sistema de distribución de agua potable de la ciudad de San Carlos se determinó, en primer lugar, el consumo generado por la población y las instituciones, y la altura máxima donde deberá de ser bombeada el agua, debido a que, de ello depende la bomba que deberá de emplearse y la selección de sus componentes.

Este sistema utiliza como fuente de abastecimiento el lago Cocibolca, la cual es llevada hasta un tanque de almacenamiento que distribuye el agua a la red por gravedad. Para ello se realizó el diseño hidráulico de las estaciones de bombeo antes y después de la planta de tratamiento. Partiendo de los 43.7 l/s de dotación requerida por San Carlos y la CTD, se calculó la potencia necesaria para el equipo de bombeo, número de unidades y el dimensionamiento de los cárcamos de bombeo.

Fue necesario caracterizar el agua de entrada y salida de la planta de tratamiento con el fin de verificar la correcta purificación del agua y a su vez para seleccionar el equipo adecuado para el sistema de bombeo, obteniéndose como resultado que a la entrada de la planta de tratamiento debe utilizarse bombas para sólidos y a la salida bombas centrifugas. Para garantizar el funcionamiento constante del sistema de bombeo se determinó emplear un conjunto de equipos con la capacidad del 150%, es decir, que se dispongan de dos equipos en operación, y un tercer equipo como reserva. Garantizando un mejor manejo del sistema respecto al mantenimiento preventivo y operación del mismo.

INDICE

I.	GENERALIDADES	1
1.1.	INTRODUCCION	2
1.2.	ANTECEDENTES	4
1.3.	JUSTIFICACION	6
1.4.	OBJETIVOS	8
1.4.1.	Objetivo General	8
1.4.2.	Objetivos Específicos	8
II.	MARCO TEORICO.....	9
2.1.	Calidad del agua	10
2.2.	Demanda.....	13
2.3.	Dotación	14
2.4.	Tratamiento (Proceso de potabilización del agua)	14
2.4.1.	Pre – Tratamiento.....	14
2.4.2.	Captación en planta	14
2.4.3.	Coagulación / Floculación	15
2.4.4.	Decantación	15
2.4.5.	Filtración.....	15
2.4.6.	Desinfección.....	16
2.5.	Estaciones de Bombeo.....	16
2.5.1.	Cárcamo de Bombeo.....	17
2.5.2.	Subestación Eléctrica	17
2.5.3.	Equipo de bombeo	19
2.5.4.	Tipos de bombas	19
2.5.5.	Motores	23

2.5.6.	Controles eléctricos	26
2.5.7.	Arreglo de la descarga	26
2.5.8.	Consideraciones generales	27
2.5.9.	Ubicación de la estación de bombeo.....	28
2.5.10.	Levantamiento topográfico.....	29
2.6.	Criterios de diseño de una estación de bombeo	33
2.6.1.	Tubería de entrada de la estación de bombeo	34
2.6.2.	Tipo de Fluido.....	35
2.6.3.	Forma del suelo de los pozos húmedos	35
2.6.4.	Número de unidades de bombeo	35
III.	DISEÑO METODOLOGICO	37
3.1.	Ubicación.....	38
3.2.	Tipo de investigación.....	39
3.3.	Materiales y métodos	39
3.4.	Metodología para el primer objetivo específico	40
3.4.1.	Criterio técnico de diseño.	40
3.4.2.	Gasto de bombeo.....	40
3.4.3.	Dimensionamiento de cárcamos	44
3.4.4.	Pérdidas hidráulicas	46
3.4.5.	Diámetro de sarta de conexión.....	46
3.4.6.	Potencia requerida para la bomba	59
3.4.7.	Número de unidades de bombeo	59
3.5.	Metodología para el segundo objetivo específico.....	60
3.5.1.	Análisis del Agua	60
3.6.	Metodología para el tercer objetivo específico	72

3.6.1.	Diámetro.....	72
3.6.2.	Material de la tubería.....	73
3.6.3.	Determinación de costos	74
IV.	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	75
4.1.	Cálculos de la proyección de demanda total de agua para el proyecto	76
4.2.	Cálculo de dimensionamiento de los cárcamos de bombeo.....	82
4.3.	Cálculo hidráulico para la potencia de bomba del cárcamo No. 1	82
4.4.	Cálculo hidráulico para la potencia de bomba del cárcamo No. 2	86
4.5.	Caracterización del agua.....	96
4.6.	Cálculo de diámetro óptimo de descarga y su equipo de bombeo correspondiente.....	99
4.6.1.	Cálculo de diámetro óptimo de descarga	99
4.6.2.	Cálculos hidráulicos para tubería de descarga en 10 pulgadas para el cárcamo 1.....	99
4.6.3.	Cálculos hidráulicos para tubería de descarga en 10 pulgadas para el cárcamo 2.....	103
4.6.4.	Cálculos económicos para la selección de tubería de distribución y equipo de bombeo para el cárcamo 1	110
4.6.5.	Cálculos económicos para la selección de tubería de distribución y equipo de bombeo para el cárcamo 2	111
V.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1.	Conclusiones.....	116
5.2.	Recomendaciones.....	118
VI.	BIBLIOGRAFÍA	119
VII.	ANEXOS	i

Índice de tablas

Tabla 1: Velocidad de giro de motores eléctricos	25
Tabla 2: Capacidad de reserva.....	36
Tabla 3: Período de diseño económico para estructuras de sistemas	43
Tabla 4: Tipos de material para conductos.....	46
Tabla 5: Diámetros de sarta de conexión de bombas	47
Tabla 6: Longitud equivalente en los accesorios de sargas	49
Tabla 7: Coeficiente de resistencia - expansión súbita.....	51
Tabla 8: Coeficiente de resistencia - contracción súbita.....	52
Tabla 9: Valores permisibles de color y turbidez	62
Tabla 10: Parámetros biológicos y microbiológicos	63
Tabla 11: Parámetros organolépticos.....	67
Tabla 12: Parámetros físicos - químicos	68
Tabla 13: Parámetros para sustancias no deseadas.....	70
Tabla 14: Parámetros de sustancias indeseables para la salud.....	71
Tabla 15: Rango de dotación de agua según población.....	76
Tabla 16: Dotación de agua comercial, industrial e institucional	77
Tabla 17: Factores de máximas demandas.....	77
Tabla 18: Datos iniciales de población del proyecto	77
Tabla 19: Proyección de crecimiento poblacional.....	80
Tabla 20: Proyección de demanda total de agua	81
Tabla 21: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga	84
Tabla 22: Resumen de longitud equivalente de sarta de succión	88
Tabla 23: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga	90
Tabla 24: Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua.....	95
Tabla 25: Análisis físico-químicos previos al proyecto	97
Tabla 26: Análisis físico-químicos realizados en la PTAP	98
Tabla 27: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga	100
Tabla 28: Resumen de longitud equivalente de sarta de succión	103
Tabla 29: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga	105
Tabla 30: Resumen de potencias de bombas para el cárcamo 1.....	109

Tabla 31: Resumen de potencias de bombas para el cárcamo 2.....	109
Tabla 32: Análisis económico de equipos de bombeo cárcamo 1	113
Tabla 33: Análisis económico de equipos de bombeo cárcamo 2	113

Índice de figuras

Figura 1: Modelo de bomba centrífuga de eje vertical	21
Figura 2: Modelo de bomba sumergible	23
Figura 3: Esquema de un arreglo de descarga	26
Figura 4: Bomba centrífuga en succión positiva	27
Figura 5: Representación gráfica de un punto.....	30
Figura 6: Partes de una estación total	32
Figura 7: Prisma de cuatro postes para estación total.....	32
Figura 8: Localización del área de estudio	38
Figura 9: Esquema de dimensionamiento de cárcamo de bombeo.....	45
Figura 10: Coeficiente de resistencia - contracción súbita	53
Figura 11: Coeficiente de resistencia - expansión súbita	54
Figura 12: Esquemático de altura de elevación de una bomba.....	58
Figura 13: Esquema del sistema de bombeo 1	83
Figura 14: Esquema del sistema de bombeo 2	87
Figura 15: Esquema de elevación del eje y niple de succión	93

Índice de anexos

Anexo 1: Análisis de turbidez de agua	ii
Anexo 2: Análisis de sustancias no deseadas – parte 1.....	iii
Anexo 3: Análisis de sustancias no deseadas – parte 2.....	iv
Anexo 4: Análisis de pH y conductividad eléctrica.....	v
Anexo 5: Análisis sustancias perjudiciales para la salud	vi
Anexo 6: Análisis de coliformes totales y fecales	vii
Anexo 7: Curva característica de bomba centrífuga – 40HP	viii
Anexo 8: Curva característica de bomba centrífuga – 30HP	ix

Anexo 9: Curva característica de bomba centrífuga – 25HP	x
Anexo 10: Curva característica de bomba para sólidos – 7.5HP.....	xi
Anexo 11: Dimensiones de bombeo para sólidos – Mod. EJ 75-D 4.....	xii
Anexo 12: Hoja técnica de equipo para sólidos – Modelo EJ 75-D 4	xiii
Anexo 13: Esquema de instalación de equipo marca Berkeley.....	xiv
Anexo 14: Sentido de rotación de equipo marca Berkeley	xv

I. GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCION

El agua es un bien fundamental para la vida y el planeta, pero también un recurso escaso y limitado, cuyo consumo va en aumento. Estamos acostumbrados a verla correr y, hasta hace poco, se creía inagotable. Sin embargo, únicamente 0.77% del agua del planeta se encuentra como agua dulce accesible al ser humano.

El manejo del agua en una población se lleva a cabo por medio de sistemas de recolección, así como de tratamiento, reúso y disposición. En cada uno de ellos, es necesario contar con una serie de muy diversas estructuras hidráulicas, entre estas se encuentran los cárcamos de bombeo, cuya función es elevar el agua de una cota inferior a una superior, con el propósito de hacer que el agua posteriormente llegue a su destino por gravedad (Comision Nacional del Agua, 2007).

Los cárcamos de bombeo consisten básicamente de dos cámaras, la estructura para interceptar y contener el agua, donde se homogeniza la carga de bombeo y otra que sirve para proporcionar la energía necesaria para elevar el agua acumulada, y que contiene el equipo de bombeo. El diseño de los primeros y selección de los segundo son básicos para el correcto funcionamiento de los cárcamos (Comision Nacional del Agua, 2007).

El presente trabajo define un diseño óptimo para las estaciones de bombeo, desde el punto de vista hidráulico y tomando como elementos decisivos la selección del equipo de bombeo y el cálculo de los diámetros que componen dicho sistema mediante un estudio económico comparativo para escoger el más apropiado.

La EB1 es una estación de bombeo primaria, tiene la función de recibir el agua cruda proveniente del lago Cocibolca. Los equipos de bombeo serán tres, con capacidad 21.85 litros por segundo (l/s, lps) cada uno; con dos equipos en servicio más uno de relevo, que impulsara el agua cruda hasta la planta de tratamiento (PTAP), ubicada en el cerro Linda Vista.

La EB2 es una estación de bombeo secundaria, que tiene como función recibir las aguas tratadas provenientes de la PTAP e impulsarlas hasta el tanque de

almacenamiento, ubicado a 3.3 kilómetros. Igual que en la EB1 se consideran tres equipos con capacidad de 21.85 litros por segundo, con dos equipos en servicio más uno de relevo.

Para el sistema de bombeo se seleccionó los diámetros de distribución y equipos de bombeo más económicos, como resultado del análisis de costos de operación para cada una de las estaciones, para los 20 años de período de funcionamiento del sistema.

1.2. ANTECEDENTES

En 2012, Miguel Ángel Espitia presento en la UNAM el trabajo "Proyecto mecánico de la estación de bombeo PB1 del acueducto Zapotillo-Altos de Jalisco-León, México", en el que define un diseño óptimo para la planta de bombeo PB1 del acueducto El Zapotillo, desde un punto de vista hidráulico y tomando como elementos decisivos la selección del equipo de bombeo y el cálculo de los diámetros económicos de cada una de las líneas de tubería que componen dicho sistema, con lo que se buscaba un diseño capaz de ofrecer el menor costo anual de la planta de 161 millones de metros cúbicos anuales de agua cruda.

Según Manuel Silvac (2002), los principales sectores usuarios del recurso hídrico en Nicaragua son: riego, doméstico, hidroeléctrico, industrial, ganadería, turismo y demanda ecológica. Los valores de consumo, según informe del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales se consideran de 61.86 m³ per cápita.

En el año 1999 se preparó la Norma para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), mismas que contienen los parámetros de diseño con el objetivo de establecer las principales directrices para el diseño de los Sistemas de Abastecimiento de Aguas, contribuyendo al buen desarrollo y funcionamiento de los Sistemas actuales y futuros del sector de suministro de agua.

En 2009, se realizó un estudio de Factibilidad del sistema de agua potable de la ciudad de San Carlos, Rio San Juan, por el Ing. Sergio Vado Álvarez, enfocado en el diagnóstico del sistema de abastecimiento de agua existente en la ciudad, donde analiza alternativas para desarrollar un plan de mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable en el período 2010-2030, para una población neta de 14,291 personas, para ello se considera como fuente de recursos las aguas del Lago Cocibolca.

En el 2010 la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL), inicio el abastecimiento de poblaciones grandes con aguas del lago Cocibolca con la inauguración de la Planta de Tratamiento de Agua Potable "Ahmed Campos Correa", ubicada en la Ciudad de Juigalpa, Chontales, con una capacidad de

procesamiento de 270 lps, y para abastecer a 25 mil habitantes en San Juan del Sur, Rivas.

Según Vado (2009), San Carlos se abastece de agua potable mediante dos sistemas, uno constituido por cuatro pozos perforados, bajo la administración de ENACAL; y un pequeño sistema administrado por el organismo no gubernamental Asociación para el Fomento del Desarrollo Local Eco-sostenible de Río San Juan (ASODELCO), con una capacidad de producción conjunta estimada en 11.60 lps (Vado, 2009), volumen que permite abastecer únicamente un 30% de las demandas del recursos hídrico de la ciudad.

1.3. JUSTIFICACION

Como parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por la ONU para combatir la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad, se encuentra "Agua limpia y saneamiento". Lo que obliga a las naciones firmantes dar prioridad a la inversión en el mejoramiento de infraestructura para el suministro de agua potable, ya que existen muchas localidades que no cuentan con los servicios de agua potable, al igual que la mayoría de las ciudades no cuentan con sistemas de aguas residuales, lo que constituye un riesgo para la salud pública.

La falta de estos servicios limita el crecimiento económico de la población, tal como la ciudad de San Carlos en Rio San Juan, puerto lacustre de mucha importancia para la región sureste del país, por varias razones: es la ciudad de mayor tamaño, con una variada actividad económica entre las que se encuentra la industria turística, es un puerto lacustre y es zona de tránsito internacional hacia Costa Rica; aspectos que requieren de servicios de calidad y sin interrupciones para atraer inversiones en los sectores industrial y servicios que ayuden a diversificar los ingresos de la población y sirvan de apoyo a la actividad agrícola de la región.

El sistema de agua potable existente en San Carlos tiene capacidad de abastecer únicamente al 30% de la población, misma que según proyección del (Instituto Nacional de Información de Desarrollo , 2008), es de 7,106 habitantes. Para ello operaban 5 pozos, con caudal combinado de 11.6 lps, distribuidos en dos redes diferentes, que se caracterizan por no poseer diseños hidráulicos tanto en las estaciones de bombeo como en las redes de distribución, así como la ausencia de mantenimiento, lo que obligaba a suministrar el agua por 2 horas diarias en los diferentes sectores atendidos.

Las entidades del gobierno que manejan las obras públicas, como (ENACAL), han reconocido la necesidad de ampliar el sistema de agua potable de la ciudad de San Carlos, lo cual se corrobora con los estudios realizados por el departamento de proyectos de la Alcaldía Municipal de San Carlos, que plantean que el sistema actual no cumple con las normas de calidad de agua para consumo humano

establecidas por el Comité coordinador Regional de instituciones de agua potable y saneamiento de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (CAPRE), esfuerzos a los que este trabajo monográfico pretende contribuir con los diseños y la selección del sistema de bombeo para la planta de tratamiento de agua potable, aportando a la solución a la problemática de escasez y calidad del vital líquido.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar el sistema de bombeo para el suministro de agua potable en el municipio de San Carlos, utilizando la NTON 09 003-99.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Realizar el diseño hidráulico para las estaciones de bombeo, antes y después del tratamiento de agua para cumplir con la dotación de agua requerida por el sistema.
- Caracterizar el agua de la entrada y salida de las estaciones de bombeo para una óptima selección de los equipos de bombeo.
- Determinar el diámetro óptimo para el sistema de conducción en función de las pérdidas hidráulicas y el menor costo.

II. MARCO TEORICO

2.1. Calidad del agua

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Los agentes infecciosos, los productos químicos, tóxicos y la contaminación radiológica son factores de riesgo.

El término calidad del agua es relativo, y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria, por consiguiente, para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar (Vargas, 2004).

Los estudios de la calidad del agua se fundamentan en la investigación de las características físico-químicas de la fuente, ya sea subterránea, superficial o de precipitación pluvial. Para verificar si el agua es o no apta para el consumo humano, debe satisfacer determinados requisitos de potabilidad, denominadas normas de calidad del agua, esto en virtud de que en la actualidad ya no es tan fácil disponer de una fuente de aprovechamiento de agua, apropiada para dotar a una población de dicho líquido potable, pues en los últimos años debido al crecimiento de las ciudades, de las industrias, etc. las cuales vierten sus aguas residuales sin tratamiento a las corrientes naturales, tales como ríos, lagos y lagunas, de forma que ya no es posible su aprovechamiento. Recordemos que la contaminación es una Bomba de tiempo retardado.

El hombre se preocupa solo por la cantidad del agua, y no por su calidad, pero pasados los años, cuando se presente el problema de la contaminación, obliga al hombre a preocuparse también por la calidad, y es esta la etapa actual que requiere una atención urgente para evitar la crisis del agua. Para conocer las características del agua es necesario hacer una serie de análisis y ensayos de laboratorio (Rodríguez, 2001).

Se dice que un agua es Potable, o apta para el consumo humano cuando esta cumpla con los requisitos físicos, químicos y microbiológicos establecidos en la Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 09 003-99).

El agua y los alimentos son vehículos de transmisión de enfermedades cuya puerta de penetración es la boca y tubo digestivo. El agua puede contener agentes infecciosos de cólera, de la tifoidea, paratifoidea, disentería, amibiasis y teniasis.

Por lo que, para conocer las características del agua se realizan una serie de análisis de laboratorio, las cuales constan de lo siguiente:

- **Color:** El color de un agua se debe, fundamentalmente, a diferentes sustancias coloreadas existentes en suspensión o disueltas en ella. En agua naturales el color proviene de las numerosas materias orgánicas procedentes de la descomposición de vegetales, así como de diversos productos y metabolismos orgánicos que habitualmente se encuentran en ellas. En aguas naturales de lagos y embalses suele existir una relación directa entre en color y el pH, de forma que cuando aumenta el segundo lo hace el primero. Se dispondrá de tubos de Nessler, uno con agua destilada y otro con la de la muestra; se colocarán los tubos dentro del aparato de Hellige y mirar verticalmente hacia abajo, de manera que la luz se refleje hacia arriba a través de las columnas del líquido.
- **Turbidez:** la presencia de materias diversas en suspensión, arcillas, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos da lugar a la turbideces en las aguas. Estas partículas se pueden asociar a tres categorías: minerales, partículas orgánicas húmicas y partículas filamentosas. Se llevará a cabo la medición de la turbidez de las muestras, con un turbidímetro el que deberá calibrarse previamente.
- **Temperatura:** este parámetro se establece para la absorción de radiación en las capas superiores del líquido, estando ligadas a la energía cinética media de sus moléculas. Las variaciones de temperatura afectan a la solubilidad de sales y gases en agua y en general a todas sus propiedades, tanto químicas como de sus comportamientos microbiológicos.

- pH: El pH en el agua se debe sobre todo al equilibrio carbónico y a la actividad vital de los microorganismos acuáticos. Respecto a lo primero, la secuencia de equilibrio de disolución de CO₂ en una agua, y su subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonato, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. El valor de pH para agua superficiales se encuentra en el intervalo de 6 a 8.5, pudiendo las aguas subterráneas presentar menores valores de pH que las superficiales. El aparato a utilizar es el potenciómetro para obtener la medición más exacta.
- Conductividad: es producida por los electrolitos que lleva disueltos en el agua y es, lógicamente, muy baja en agua muy pura. Además se comprende que exista una relación ente ella y la cantidad de los electrolitos que contiene, es decir, su residuo seco. Se tomará una pequeña muestra y se verterá en un vaso de precipitados empleando un electrodo y se anotará los resultados, siendo este calibrado de manera previa.
- Residuos secos a 180°C: se puede definir como la cantidad total de sales, así como de materias orgánicas de tamaño muy pequeño, que contiene un agua. Los iones mayoritarios que forman las sales disociadas en un agua suelen ser HCO₃, CO₃, CR, SO₄, NO₃, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ y K⁺. Tanto residuo seco, como conductividad informan sobre el contenido salino del agua.
- Oxígeno disuelto: gas muy relevante en dinámica de aguas, su solubilidad es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor de gas, salinidad y composición físico-química del agua, siendo las leyes de Henry y Dalton. Además, el porcentaje de saturación en O₂ depende de la turbulencia, de la superficie de contacto entre gas y aguas y finalmente de su salinidad.
- Determinación de aniones: La determinación simultánea de numerosos aniones en agua puede realizarse mediante cromatografía iónica. Los aniones más frecuente en aguas naturales son: cloruros, sulfatos, sílice, fluoruro.
- Análisis de cationes como: calcio, magnesio, dureza total, sodio, potasio, aluminio.

Parte de un análisis completo de aguas comprende los siguientes componentes no deseables: nitratos, nitritos, amoníaco, nitrógeno Kjeldahl, sulfato de hidrógeno, boro, carbono orgánico total, sustancias extraíbles al cloroformo, hidrocarburos, aceites y gras, fenoles, detergentes, entre otros

En la actualidad ya no es tan fácil disponer de una fuente de aprovisionamiento de agua, apropiada para dotar a una población de dicho líquido potable, pues en los últimos años debido al gran crecimiento de las ciudades e industrias, entre otros, las cuales vierten sus aguas residuales a los cauces naturales sin ningún tratamiento, esto ha llevado a que los mantos freáticos se vean fuertemente contaminados de tal forma que estas aguas ya no son aprovechables para consumo humano (Rodríguez, 2001).

2.2. Demanda

Según Rodríguez (2001), el consumo de líquido de cada población está determinado por distintos factores, como son el clima, la hidrología, la clasificación del usuario, las costumbres locales, la actividad económica, etc.

El Consumo se clasifica según el tipo de usuario en: Domestico, Comercial, Industrial o de servicios públicos. El tipo domestico se divide a su vez en Popular, Medio y Residencial, dependiendo del nivel económico del usuario. El Industrial se divide en Turístico e industrial, cuando las demandas parciales sean significativas con respecto a la total.

Los climas extremos incrementan el consumo, en el cálido, para satisfacer las necesidades humanas, y en el frío, aunque disminuye el consumo humano se incrementa el consumo por las fugas.

La disponibilidad del agua también repercute en el consumo, a mayor dificultad de obtención menor cantidad distribuida.

Las Localidades que cuentan con red de Alcantarillado su consumo se incrementa.

2.3. Dotación

Se entiende por dotación la cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios que realiza en un día medio anual, tomando en cuenta las pérdidas. Se expresa en litros / habitante-día. Esta dotación es una consecuencia del estudio de las necesidades de agua de una población, quien la demanda por los usos siguientes: para saciar la sed, para el lavado de ropa, para el aseo personal, la cocina, para el aseo de la habitación, para el riego de calles, para los baños, para usos industriales y comerciales, así como para el uso público.

La dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la hacen casi característica de una sola comunidad; sin embargo, se necesita conocer de ante mano estos factores para calcular las diferentes partes de un proyecto.

2.4. Tratamiento (Proceso de potabilización del agua)

2.4.1. Pre – Tratamiento

Para este proceso existen dos formas de hacerlo: Físico o químico, a continuación, se describe ambos procesos.

Proceso físico: Es la separación de cuerpos gruesos en una rejilla de 1 pulgada de abertura. Y separación de cuerpos sólidos menores a 1 pulgada de tamaño, en unidades hidráulicas llamados desarenadores.

Proceso químico: Es la aplicación de insumos químicos como cloro, coagulantes y floculantes.

2.4.2. Captación en planta

La captación en planta se lleva a cabo en una unidad hidráulica llamada rompedor. Además, sirve para aplicar coagulantes y distribuir el caudal a las diferentes unidades de tratamiento.

2.4.3. Coagulación / Floculación

La coagulación es el proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado que puede ser hidráulica o mecánica.

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos flóculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar con facilidad.

2.4.4. Decantación

Es la separación de los sólidos con mayor peso específico que el agua y que tienen una velocidad de caída tal que puede llegar al fondo del decantador en un tiempo económicamente aceptable. Las partículas en suspensión decantan en diferente forma, dependiendo de las características, así como de su concentración.

2.4.5. Filtración

Es la separación de partículas coloidales y microorganismos objetables que no han quedado retenidos en los procesos anteriores (coagulación y decantación) a través de un medio poroso llamado lecho filtrante. La filtración depende directamente de la mayor o menor eficiencia de los procesos anteriores y es responsable principal de la producción de agua de calidad coincidente con los patrones de potabilidad. Una buena filtración reducirá considerablemente la demanda de desinfectante (cloro) en la etapa posterior y permitirá una dotación de agua de calidad con buenas propiedades organolépticas a la población.

2.4.6. Desinfección

Es un proceso unitario de tratamiento que tiene como objetivo garantizar la potabilidad de la misma desde el punto de vista microbiológico, asegurando la ausencia de microorganismos patógenos. Este proceso se considera fundamental dentro de la tecnología del tratamiento del agua, debido a que es conocido el hecho de que los procesos anteriores como la decantación y la filtración, no remueven el 100% de los microorganismos

2.5. Estaciones de Bombeo

El uso del agua se remonta a tiempo primitivos en el transcurso de nuestro tiempo y como toda ciencia y tecnología viene a ser transformada con el tiempo pasa a ser actualizada principalmente en los materiales que la componen por ejemplo para el control de volumen manejado tipos de tubería con diferentes características físicas y de resistencia al momento de la operación sin dejar de considerar los equipos de bombeo que cada día vienen a ser mejorados en su eficiencia para la operación y el consumo de energía.

Las estaciones de bombeo son un conjunto de estructuras civiles, equipos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento o directamente a la red de distribución (Anónimo, 2005, p.3).

Las instalaciones civiles y electromecánicas básicas de una (Aqua Corp, 2010) estación típica de bombeo son las siguientes:

- Cárcamo de bombeo
- Subestación eléctrica
- Equipo de bombeo
- Motor eléctrico
- Controles eléctricos
- Arreglo de la descarga
- Caseta de Vigilancia y Control

2.5.1. Cárcamo de Bombeo

Es una estructura en donde descarga el colector, interceptor o emisor de aguas residuales crudas o tratadas y donde se instalan los equipos electromecánicos para elevar el agua al nivel deseado (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.61).

Los cárcamos de bombeo o estaciones de pozos húmedos tienen la característica de bombear el agua de tanques enterrados o sobre el suelo, así como servir de estaciones de relevo (booster) ubicados entre la línea de conducción (NTON 09 003-99, s.f).

Las partes constitutivas de los cárcamos de bombeo son las siguientes:

- a) Canal o tubo de llegada
- b) Transición de llegada
- c) Zona de control y cribado
- d) Pantalla
- e) Rejillas primarias
- f) Desarenados y bombas de lodos
- g) Rejillas secundarias
- h) Cámara de bombeo

2.5.2. Subestación Eléctrica

Es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica (Voltaje, corriente, frecuencia, etc.); tipo corriente alterna a corriente continua, o bien conservarle dentro de ciertas características (CNA, 2009, p.61).

Elementos principales de una subestación:

Transformador: Dispositivo electromagnético que permite aumentar o disminuir el voltaje un circuito de corriente alterna.

Interruptor: Dispositivo utilizado para cerrar o abrir un circuito de corriente alterna bajo condiciones normales o para abrir el circuito bajo condiciones de emergencia o de falla.

Fusible: Dispositivo de protección contra sobre corriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobre corriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica.

Apartarayos: Dispositivos de protección que limita las sobretensiones transitorias en los circuitos y equipos eléctricos, descargando la sobrecorriente transitoria asociada; previene el flujo continuo de corriente a tierra y es capaz de repetir esa función.

Capacitor: Dispositivo formado por dos conductores o armaduras, generalmente en forma de placas o laminas separados por un material dieléctrico, que sometidos a una diferencia de potencia adquieren una determinada carga eléctrica.

Tableros: Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos, ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

Red de tierras: Es una red de protección usada para establecer una potencia uniforme en y alrededor de alguna estructura, está unida sólidamente a los electrodos de tierra.

Cuchilla: Desconector utilizado como seccionador de línea o separador de circuitos de potencia de corriente directa o alterna, siempre que sea accionado eléctricamente o tenga accesorios eléctricos, tales como desconector auxiliar, bloque magnético, etc.

Herraje: (Accesorio) Contratueras, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

2.5.3. Equipo de bombeo

Según la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2009), el equipo de bombeo es el elemento encargado de transferir el agua desde el cárcamo de bombeo, hasta el lugar donde se requiera.

Los equipos de bombeo que comúnmente se utilizan para el manejo de aguas son los siguientes:

- a) Bombas de flujo mixto
- b) Bombas de flujo axial
- c) Bombas inatascables, verticales y sumergibles

Aun cuando se pueden utilizar bombas centrífugas convencionales para bombeo de aguas residuales, existe en el campo de las bombas centrífugas, un grupo especial de bombas para esta aplicación, denominadas genéricamente como bombas inatascables, cuyo diseño les permite operar con líquidos conteniendo sólidos de 25.4 mm. De diámetro (1.0") o más grandes, pastas aguadas abrasivas ó bien aguas residuales. Estas bombas pueden ser sumergibles, motor y bomba, o verticales, con motor fuera del cárcamo; ambas son generalmente, de un solo paso con impulsor abierto o semiabierto para bajas cargas y gastos medianos, su instalación es relativamente sencilla porque su diseño incluye la placa de instalación, si son verticales o bien las carcasas incluyen "piernas" para su apoyo en el piso del fondo del cárcamo y aparejos, riel y cable, para su izaje fuera del cárcamo, si son sumergibles. A menos que las condiciones de operación estén fuera del campo de cobertura de las bombas mencionadas se podrán utilizar otro tipo de bombas, de lo contrario se preferirán las bombas inatascables. (Comisión Nacional del Agua, 2009).

2.5.4. Tipos de bombas

Las bombas más frecuentemente usadas en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas, horizontales y verticales, y las bombas sumergibles. El

proyectista de acuerdo a las características del proyecto, seleccionará el tipo de bomba más adecuada a las necesidades del mismo.

2.5.4.1. Bombas centrifugas horizontales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen la ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc.

Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y mantenimiento apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación y mantenimiento es una ventaja adicional.

Se pueden clasificar, de acuerdo a la posición del eje de la bomba con respecto al nivel del agua en la cisterna de bombeo, en bombas de succión positiva y bombas de succión negativa. Si la posición del eje está sobre la superficie del agua, la succión es positiva y en la situación inversa la succión es negativa.

La mayor desventaja que presentan estas bombas es la limitación en la carga de succión, ya que el valor máximo teórico que alcanza es el de la presión atmosférica del lugar (10,33 m. a la altura del mar), sin embargo, cuando la altura de succión es de 7 metros la bomba ya muestra deficiencias de funcionamiento.

2.5.4.2. Bombas centrifugas verticales

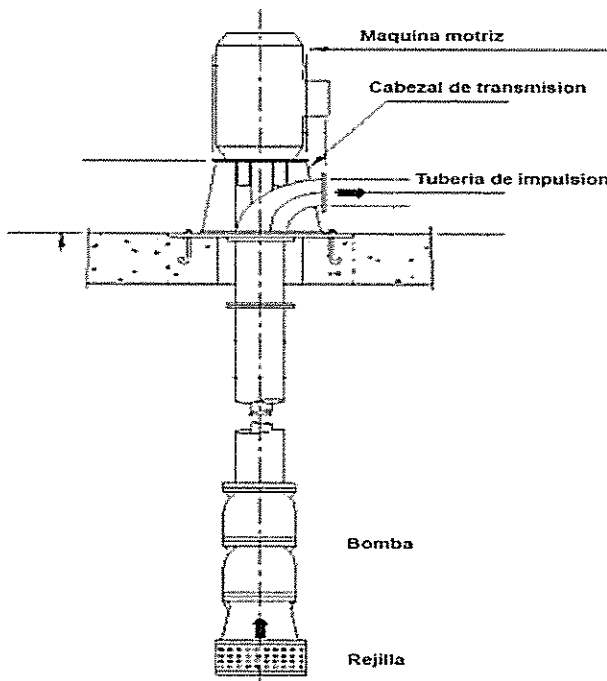
Son equipos que tienen el eje transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual casi se limita su uso a pozos profundos.

Estas bombas se construyen de diámetros pequeños, a fin de poder introducir las en las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por

razones de costo. Una unidad de bombeo de un pozo consta seis partes principales, que son:

- La máquina motriz.
- El cabezal de transmisión.
- Eje de transmisión.
- La columna o tubería de impulsión.
- La bomba.
- La tubería de succión.

Figura 1: Modelo de bomba centrífuga de eje vertical



Fuente: Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Organización panamericana de la salud. Lima 2005.

De acuerdo al tipo de lubricación del eje de transmisión de la bomba, pueden ser de dos tipos:

- Lubricadas con el mismo líquido que se bombea
- Lubricadas con aceite.

Los motores eléctricos para montaje vertical y, sobre todo, los especiales llamados de eje hueco, son los más utilizados para accionar este tipo de bombas. La ventaja principal de estos equipos es su versatilidad y su capacidad para trabajar en un amplio rango de velocidades. Entre sus desventajas están lo ruidosas que son y la estricta verticalidad que exige a los pozos para su instalación.

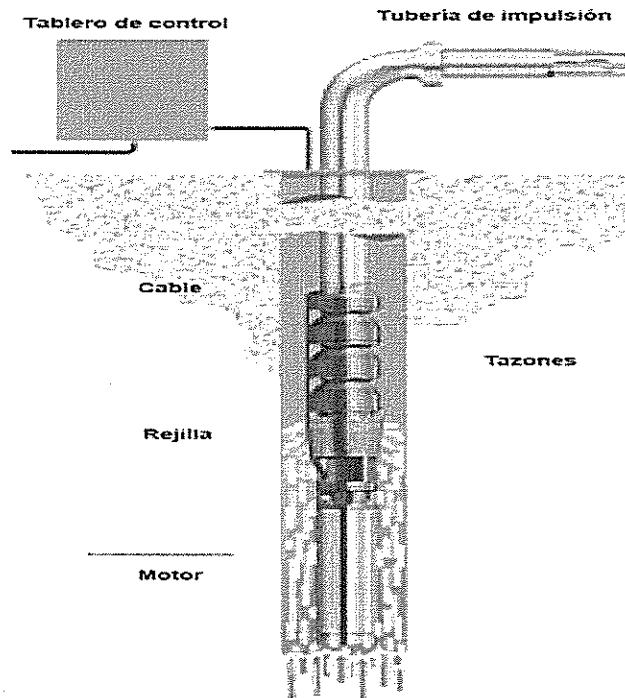
Los costos de instalación de este tipo de bombas son menores a los demandados por la instalación de una bomba de eje horizontal; sin embargo, la operación y mantenimiento exige cuidado especial y mayores costos.

2.5.4.3. Bombas sumergibles

Son equipos que tienen la bomba y motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventajas frente al uso de bombas de eje vertical.

Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencia relativamente bajas, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía.

Figura 2: Modelo de bomba sumergible



Fuente: Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Organización panamericana de la salud. Lima 2005.

2.5.5. Motores

Máquina que transforma la energía eléctrica a energía mecánica.

Los motores para bombas se clasifican en dos grupos principales: de combustión y eléctricos, de los cuales, estos se seleccionan en referencia a las condiciones del sitio y todas sus posibilidades para obtener energía.

2.5.5.1. Motores eléctricos

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Los más empleados en abastecimiento de agua son los de velocidad constante o los que tienen velocidad prácticamente constante. Es decir, se puede considerar únicamente los dos tipos siguientes:

- Motor síncrono de velocidad rigurosamente constante, dependiente del número de polos y al ciclaje o frecuencia de la línea de alimentación.
- Motor de inducción, es decir, asíncrono con velocidad dependiente al valor de la carga.

Los motores sincrónicos pueden resultar más económicos para accionamientos de gran potencia y baja velocidad. En todo caso, la eficiencia del motor sincrónico es ligeramente mayor que el motor de inducción. Las desventajas de estos motores están en que requieren una operación más cuidadosa y no soportan bien las caídas de tensión.

Los motores de inducción con rotor bobinado, particularmente los de tipo de rotor en jaula o cortocircuito, ya sea común o de alto par de arranque, constituyen en la actualidad las máquinas motrices más empleadas en la industria. La ventaja de estos motores está en su simplicidad, fiabilidad y economía.

Los motores eléctricos por su principio sencillo y construcción robusta, no exigen grandes requisitos de mantenimiento, evitando costosas interrupciones en el servicio que prestan y los gastos consiguientes de reparación, si se tiene el cuidado de emplearlas correctamente, sobre todo en lo que se refiere las siguientes características de placa: potencia, corriente, tensión, frecuencia, velocidad, número de fases, temperatura, lubricación y condición del medio ambiente donde opera.

Este tipo de motores es de menor costo comparado con los motores de combustión. Son de más sencilla construcción, fáciles de utilizar para mover las bombas centrifugas, y su costo de mantenimiento es prácticamente despreciable. La velocidad de los motores sincrónicos depende de la corriente (ciclaje y frecuencia) y del número de pares de polos. En los motores de inducción el fenómeno de deslizamiento disminuye la velocidad aproximadamente en 2 - 6%. Los valores más de la velocidad de giro de los motores eléctricos se muestran en la Tabla 1:

Tabla 1: Velocidad de giro de motores eléctricos

Polos	Motor sincrono		Motor de inducción	
	50 ciclos	60 ciclos	50 ciclos	60 ciclos
1	3000	3600	2800	3450
2	1500	1800	1450	1750
3	1000	1200	960	1150
4	750	900	720	870
5	600	720	580	690
6	500	600	480	580
7	428	514	410	495

Fuente: Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Organización panamericana de la salud. Lima 2005.

2.5.5.2. Motores de combustión interna

La potencia es desarrollada al quemar el combustible dentro de los cilindros del motor. Se pueden emplear los motores diésel o de encendido por bujías, alimentados por gas natural o propano. En algunos casos se han instalado motores a gasolina, pero su uso no es recomendable por los problemas derivados del almacenamiento del combustible.

Estos equipos tienen una velocidad de giro menor que los motores eléctricos, generalmente se encuentran entre 1700 a 2400 rpm. El empleo de estos motores es recomendable para el accionamiento de bombas en lugares muy apartados en donde no se dispone de suministro eléctrico o este es muy poco fiable. Podría extenderse su uso en estaciones de capacidad, como fuente de energía de reserva para el accionamiento de las bombas y de los controles eléctricos críticos en caso de fallo del suministro de energía.

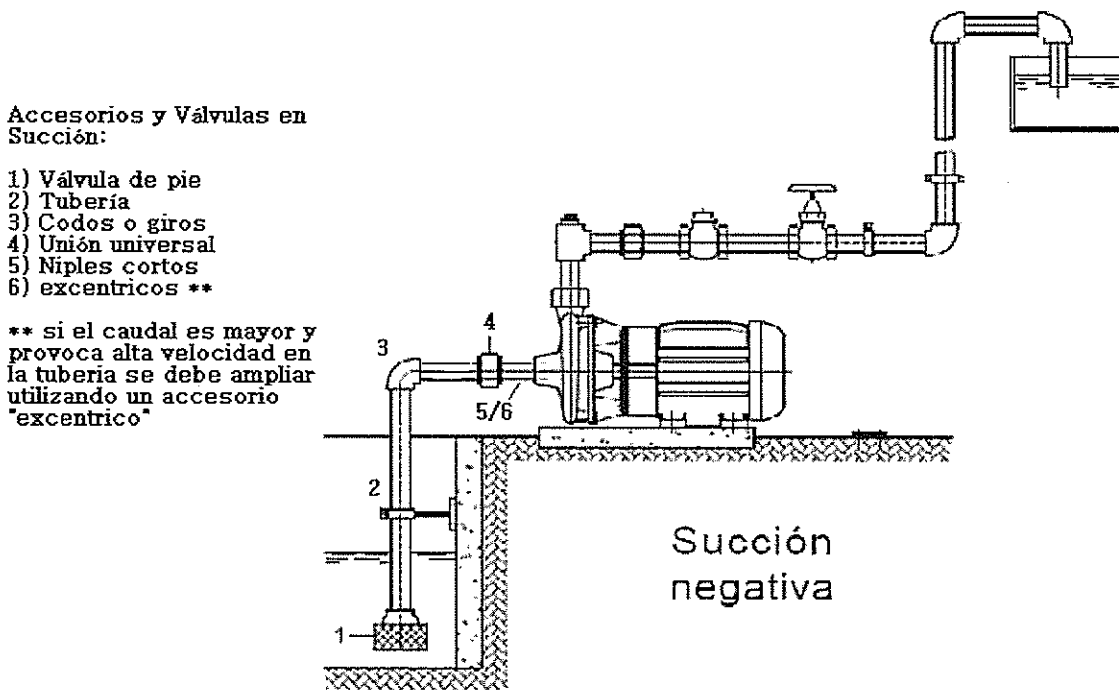
2.5.6. Controles eléctricos

Son los dispositivos de mando para arranque y paro de los motores eléctricos, que proveen los elementos de protección del equipo eléctrico para evitar daños, por condiciones anormales en la operación de los motores (CNA, 2009).

2.5.7. Arreglo de la descarga

Es un conjunto integrado por piezas especiales de fontanería, dispositivos de apertura y seccionamiento, medición y seguridad que permiten el manejo y control hidráulico del sistema Comisión Nacional del Agua (CNA, 2009).

Figura 3: Esquema de un arreglo de descarga



Fuente: Operación de la bomba (Aqua Corp, 2010)

En el caso de que la bomba quedara instalada bajo el nivel de agua, la succión se define con Succión Positiva la diferencia entre los accesorios de una succión negativa será:

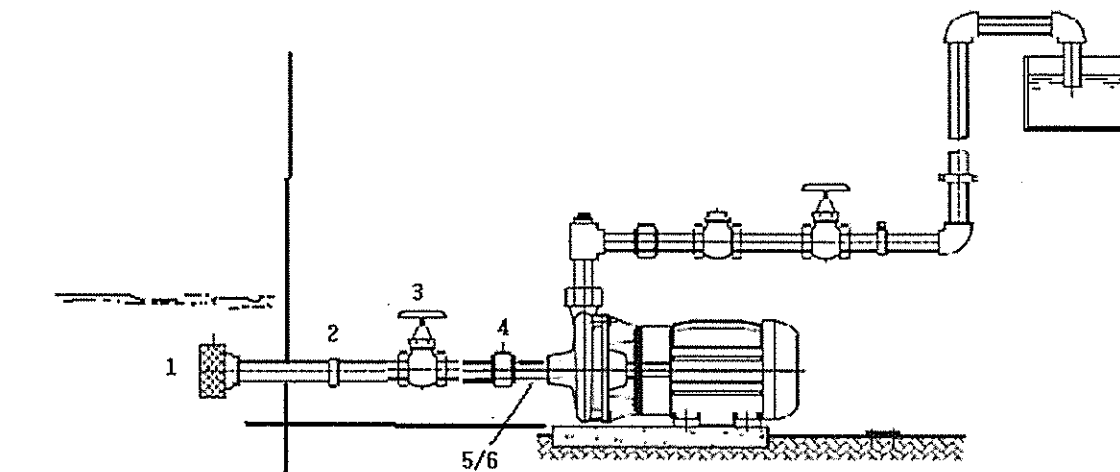
Succión Positiva:

- 1 Coladera de succión
- 2 Válvula de compuerta

No utiliza la válvula de pie, ya que, por su ubicación al fondo del estanque, se dificulta su mantenimiento, ver Figura 2.

La válvula de compuerta que se adiciona, servirá para cortar el flujo de agua al momento de hacer mantenimiento.

Figura 4: Bomba centrífuga en succión positiva



Accesorios y Válvulas en succión Positiva

- 1) Coladera
- 2) Tubería
- 3) Válvula de compuerta
- 4) Unión Universal o flange
- 5/6) Niple o excéntrico

Fuente: Operación de la bomba (Aqua Corp, 2010)

2.5.8. Consideraciones generales

Para diseñar una estación de bombeo de agua potable, previamente se deben conocer los siguientes aspectos (Grundfos, s.f):

- Fuente de abastecimiento de agua: superficial (cisterna de agua) o subterránea (pozo perforado).
- Lugar a donde se impulsará el agua: reservorio de almacenamiento o la red de distribución.
- Consumo de agua potable de la población y sus variaciones.
- Población beneficiada por el proyecto: actual y futura.
- Características geológicas y tipo de suelo del área de emplazamiento de la cámara de bombeo.
- Nivel de conocimiento de la población de operar el sistema.

2.5.9. Ubicación de la estación de bombeo

Según la NTON 09 003-99 (s.f.), en la selección del sitio para la estación de bombeo se debe considerar lo siguiente:

- Protección de la calidad del agua
- Eficiencia hidráulica del sistema de distribución o conducción.
- Peligro de interrupción del servicio por incendio, inundación, etc.
- Disponibilidad de energía eléctrica o de combustible
- Topografía del terreno
- Facilidad del acceso en todo el año
- Área necesaria para la estación, transformadores, cloradores, futuras ampliaciones y áreas de retiros.

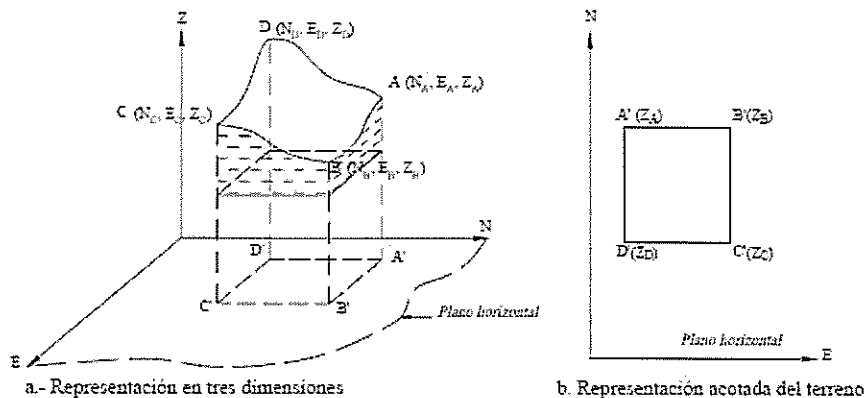
2.5.10. Levantamiento topográfico

La topografía se encarga de medir una extensión de tierra tomando los datos de su representación gráfica en un plano a escala sus formas y accidentes. Esta determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie.

El levantamiento topográfico puede realizarse por los siguientes métodos:

- Método taquimétrico: por definición la taquimetría se define como el procedimiento para determinar en forma simultánea las coordenadas norte, este y cota de puntos sobre la superficie del terreno. Este levantamiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos de relleno donde no se requiere de grandes precisiones; la cual, puede realizarse con teodolito y mira vertical basándose con la determinación óptica de distancias en el paso de las coordenadas polares a rectangulares, además este método puede realizarse con estación total, siendo una ventaja significativa la eliminación de errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; ya que, con estas estaciones la toma de datos es automática y los cálculos siguientes se realizan por medio de programas de computación incorporados a dichas estaciones.
- Representación gráfica del relieve del terreno: este puede realizar por medio del método del plano acotado; la cual, pretende establecer un punto en el espacio perfectamente definido por sus coordenadas $P(N, E, Z)$, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5: Representación gráfica de un punto



Fuente: Levantamiento topográfico. Leonardo casanova.

Con estas coordenadas se debe presentar una forma más exacta posible del relieve, sin embargo, es necesario definir por sus coordenadas una gran cantidad de puntos, por lo que la representación gráfica en tres dimensiones sería demasiado complicada y laboriosa.

Otro método que, además es el más empleado, es por medio de curvas de nivel, que realiza la representación gráfica de las formas del relieve del terreno de una forma más sencilla y rápida, la cota o elevación de cualquier punto en el terreno, trazar perfiles, calcular pendientes, resaltar forma, etc. Una curva de nivel es la traza que la superficie del terreno marca sobre un plano horizontal que la intercepta, siendo continua entre los puntos de igual cota o elevación.

- Levantamiento y representación de superficies: este método de campo a utilizar para el levantamiento y representación de superficie depende de múltiples factores como: área de estudio, escala del mapa, tipo de terreno, etc.
- Para áreas pequeñas, en terrenos planos y con pendientes relativamente bajas se puede utilizar el método de la cuadrícula que consiste en trazar sobre el terreno un sistema reticular de 5, 10 ó 20 metros de lado con la ayuda de

cinta métrica, teodolito, nivel, escuadras, dependiendo de la precisión requerida.

Para superficies de mediana y gran extensión, zonas accidentadas con vegetación espesa se realiza mediante el método de radiación la cual se apoya sobre una poligonal base previamente levantada a partir de cuyos vértices se hace radiaciones a fin de determinar la ubicación de los puntos de relleno y de detalle. Los equipos utilizados para este método son el teodolito, mira vertical o estación total y prisma.

Se realizará en campo el levantamiento topográfico por medio del método de radiación utilizando estación total y prisma; puesto que el área de estudio es de gran extensión, siguiente se determinarán las curvas de nivel por el método analítico. Se realizará una visita técnica, para tener idea de la localización del área de estudio. Se ubicaran punto de control con coordenadas exactas; para mayor exactitud del trabajo se requiere de dos puntos de control en el área de trabajo. Concluidas las operaciones en campo se descargará la información de los equipos a la computadora y serán guardados en un disco duro, por consiguiente se ordenará con códigos de leyenda y transferirse al software para calcular los siguientes parámetros:

- Coordenadas cartesianas de todos los puntos.
- Distancia entre los puntos.
- Angulo entre dos alineamientos.
- Dirección de un alineamiento con base en una línea como referencia, áreas y alturas relativas de puntos, entre otros.

Se confeccionará un plano o mapa a escala de los puntos y objetos de los detalles levantados en el campo.

Figura 6: Partes de una estación total



Fuente: Manual de operación de la estación total. 2011

Figura 7: Prisma de cuatro postes para estación total



Fuente: Manual de operación de la estación total. 2011

2.6. Criterios de diseño de una estación de bombeo

El entorno de trabajo de las bombas sumergibles, independientemente de su tamaño, es la estación de bombeo. El diseño y la construcción de la estación de bombeo son decisivos para el funcionamiento de las bombas, por lo que hay que ser cuidadoso y meticuloso siempre que se especifiquen (Grundfos, s.f).

Volumen y área de la superficie del pozo húmedo

El volumen efectivo del pozo húmedo debe ser del tamaño correcto. Un volumen demasiado grande puede ocasionar acumulación de lodos en la fosa, mientras que un volumen demasiado pequeño ocasiona arranques y paradas demasiado frecuentes de las bombas. La utilización de bombas sumergibles modernas, que toleran una alta frecuencia de arranques, permite diseños de estaciones de bombeo más pequeños y eficientes (Grundfos, s.f).

En un buen diseño, los niveles de arranque y parada deben estar relativamente cerca entre sí por los siguientes motivos:

- La frecuencia de arranques de la bomba llega a ser lo suficientemente alta para impedir que lodos e impurezas se depositen en el suelo del pozo.
- La entrada de la estación de bombeo debe mantenerse baja comparada con el pozo húmedo.

Un valor de referencia máximo de la altura del volumen efectivo en estaciones de bombeo pequeñas es de aprox. 1 m, y de 2 m en estaciones de bombeo grandes.

Puede sustituirse el volumen efectivo con el área de la superficie de la fosa húmeda, utilizando la siguiente ecuación:

$$A_w = Q/20$$

Dónde:

A_w = área de la superficie del pozo húmedo en m²

Q = caudal total de la estación de bombeo, l/s

No obstante, para caudales de estaciones de bombeo pequeñas, el área de la superficie estará limitada por las dimensiones físicas de las bombas donde se utilizan bombas sumergibles

Para caudales grandes el sentido de aproximación hacia las bombas debe ser de frente. Si el caudal viene de detrás, las bases sumergidas perturban el caudal, ocasionando la formación de remolinos. Éstos impiden el funcionamiento de la bomba, reduciendo su funcionamiento y rendimiento y aumentando el riesgo de cavitación y vibraciones de la bomba (Grundfost, s.f., p. 60).

2.6.1. Tubería de entrada de la estación de bombeo

La ubicación y el tamaño de la tubería de entrada de la estación de bombeo son importante para su funcionamiento. Los problemas de funcionamiento de las bombas se deben con frecuencia a un diseño erróneo de la tubería de entrada.

Una tubería de entrada situada demasiado alta en relación a la superficie del líquido o con gran velocidad de caudal puede ocasionar la retención de aire y formación de remolinos en el agua cuando entra del pozo húmedo (Grundfost, s.f., p. 60).

El aire retenido en el agua tiende a quedarse dentro del impulsor de la bomba donde, debido a las fuerzas centrífugas, se acumula alrededor de eje central del impulsor. Como consecuencia puede necesitarse más potencia y reducirse el funcionamiento y rendimiento. El riesgo de cavitación y vibraciones de la bomba aumenta también. Si la cantidad de aire en la bomba es muy grande, la misma puede dejar de funcionar.

Según Grundfost (s.f). “La ubicación de la tubería de entrada debe estar lo más lejos posible de la aspiración de la bomba” (p. 60).

2.6.2. Tipo de Fluido

El fluido de trabajo puede ser de buena o mala calidad y puede haber la posibilidad de arrastrar sedimentos. Este aspecto es muy importante al seleccionar un tipo de bomba en específico, puesto que, si llevase sedimentación sería necesario utilizar un equipo que pueda transportar el agua junto con los sedimentos sin generar problemas a los impulsores de la bomba.

Partiendo de los datos que precisa la bomba: caudal a bombear, altura que tiene que salvar, tipo de fluido, tipo de instalación y la distancia con la que se encuentra la toma de agua y el depósito de agua; se calculará las pérdidas de cargas acumuladas por el propio rozamiento del fluido con los conductos más las pérdidas que aparecen por diversos accesorios propios del sistema como válvulas, codos, tee, entre otros.

2.6.3. Forma del suelo de los pozos húmedos

La forma del suelo de la fosa húmeda es importante para el funcionamiento de una estación de bombeo de aguas residuales. Grundfos (s.f) afirma que “un buen diseño impide sedimentación en el fondo, pero puede también servir para evitar la formación de espuma y acumulación de restos flotantes en la superficie” (p.60).

En cuanto al diseño de fondo, todas las esquinas deben estar terminadas en un ángulo de terminación mínimo de 45°. En estaciones de bombeo pequeñas, el ángulo puede ser de hasta 60°. Puede ser menor si la sección se auto limpia con la fuerza de la corriente (Grundfos, sf, p.61).

2.6.4. Número de unidades de bombeo

Depende del caudal de bombeo y de sus variaciones, además, de la necesidad de contar de equipos de reserva para atender situaciones de emergencia (Anónimo, 2005).

Según el Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (IISA, s.f). Un criterio de seguridad que el proyectista debe adoptar es el referido a la “capacidad de reserva”. Esto es: la cantidad de equipos en reserva que la EB (estación de bombeo) debe poseer, a fin de garantizar que ante la salida intempestiva o programada de un equipo haya otro en condiciones de poder sustituirlo.

Esta cantidad de equipos de reserva está en función de la cantidad o unidades de equipos operables, definidos por el proyectista. La Tabla 2, muestra una forma de determinar el número Nr de equipos de reserva que es utilizado en la industria que trabaja con máquinas de proceso (Insituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, s.f).

Tabla 2: Capacidad de reserva

No. Maq. Operables (n)	No. Eq. Reserva (Nr)
1 a 5	1
6 a 12	2
12 a 25	3
más de 25	Consultar C/fabr

Fuente: *Estaciones de Bombeo*, Ing. Juan M. Koutoudjian

III. DISEÑO METODOLOGICO

3.1. Ubicación

El proyecto de estudio se ubica en el municipio de San Carlos, Río San Juan. Se encuentra localizada a 300 km al suroeste de Managua, a orillas del Gran Lago de Nicaragua o Lago Cocibolca. Específicamente en las coordenadas $11^{\circ} 7'25.27''N$ y $84^{\circ}46'50.21''$, en el sector punta mica al noroeste de la ciudad de San Carlos, a una altitud de 60 msnm.

El área de estudio se caracteriza por tener una temperatura media anual que varía entre los 25° y $26^{\circ}C$ y muestra muy pocas variaciones en el transcurso del año. La precipitación media anual oscila entre los 1,800 y 2,300 mm, registrando una estación seca de 4 meses. El clima de acuerdo a la clasificación de W. Köppen, corresponde al tipo sabana húmeda sub-tropical. En la Figura 8, se muestra la ubicación exacta del área de estudio.

Figura 8: Localización del área de estudio



Fuente: (Vado, 2009).

3.2. Tipo de investigación

El presente estudio se clasifica como investigación mixta, debido a que, se empleó la revisión documental, como base para completar los análisis y diseños de las estaciones de bombeo de San Carlos, mismos que corresponden a aplicaciones reales de estos conocimientos.

Como parte de la investigación documental, se tomaron datos de trabajos investigativos previos, para proponer una alternativa de solución que se ajustara a las necesidades del proyecto. Entre las fuentes utilizadas se encuentran: censo poblacional de la ciudad, informes preliminares al proyecto y estudios hidráulicos.

El uso de la investigación aplicada, se dio por medio de la realización de diseños y cálculos para el funcionamiento efectivo del sistema de bombeo y línea de conducción, para brindar un servicio eficiente, cumpliendo con las normas nacionales que establecen los parámetros de diseño y distribución de agua, logrando proveer con la dotación requerida por el sistema a la población. Además, de caracterizar las aguas de la entrada y salida de las estaciones de bombeo y de esta manera, lograr la selección correcta de los equipos para este sistema.

3.3. Materiales y métodos

Para recopilar la información requerida, se usó diversos métodos, tales como:

- Visita al sitio para obtener todos los datos implicados en las variables de diseño.
- Revisión bibliográfica, con el fin de manejar la información técnica y legal correspondiente al estudio a realizarse:
- ✓ Se tomaron los datos de levantamiento realizados en estudios de pre-factibilidad previos al proyecto y en ejecución del mismo.
- ✓ Se tomaron los datos del el “Estudio de Factibilidad del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de San Carlos, Departamento de Rio San Juan/Selección y Diseño de Obras de Emergencias” ejecutado por el Instituto

Nicaragüense de turismo (INTUR), para proyectar la demanda del sistema según la proyección de población de la ciudad.

- ✓ Se solicitó a la unidad central de ENACAL, los resultados de análisis de agua para el sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de San Carlos.

3.4. Metodología para el primer objetivo específico

- Realizar el diseño hidráulico para las estaciones de bombeo, antes y después del tratamiento de agua para cumplir con la dotación de agua requerida por el sistema.

3.4.1. Criterio técnico de diseño.

Los criterios que se adoptaron para el diseño del sistema de bombeo para la planta de tratamiento de agua potable los cuales son tomados de las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización de Agua (NTON 09 003-99); Normas de Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural publicado por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados INAA – Ente regulador. Norma de diseño de los sistemas domésticos y particulares para el tratamiento y disposición de aguas servidas (NTON 05 010 – 98). Norma técnica obligatoria nicaragüense requisitos ambientales para la construcción, operación y cierre de pozos de extracción de agua (NTON 09 006 – 11).

3.4.2. Gasto de bombeo

Para diseñar una estación de bombeo es necesario conocer el gasto de bombeo para considerar las capacidades de los equipos. El cual viene dado por gasto máximo igual a la demanda de la hora de máximo consumo.

Dadas las limitaciones en la información disponible para analizar el comportamiento del consumo per cápita de los usuarios del sistema de agua potable de San Carlos, que tradicionalmente ha sido racionado y, por ende,

restrictivo al consumo, para tales fines se tomaran en cuenta los estudios realizados por Enacal, en 2009. En donde se ha considerado razonable, la estimación de la demanda

En la proyección de la población se considerará tanto la población local, como también la población flotante producto de la actividad turística.

3.4.2.1. Población de diseño

La proyección de población se calculó por medio del método geométrico, la cual, consiste en suponer que la población tendrá un incremento análogo al que sigue un capital primitivo sujeto al interés compuesto, en el que el rédito es el factor de crecimiento (Rodríguez, 2001). La fórmula para determinar la población futura o del proyecto es:

$$Pf = Pa(1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Pf: población futura.

Pa: población del último censo.

n: periodo de diseño (económico)

r: factor de crecimiento o tasa de crecimiento.

Estas proyecciones poblacionales se tomarán del estudio de factibilidad del sistema de agua potable de la ciudad de San Carlos, departamento de río San Juan/selección y diseño de obras de emergencias 2009.

3.4.2.2. Demanda actual y futura del sistema

Establecido el nivel de servicio domiciliario en la ciudad de San Carlos, implica un abastecimiento de agua de mayor nivel de consumo, según la NTON 09 003-99.

3.4.2.3. Consumo comercial, industrial e institucional o público

Se consideró la existencia de centros públicos, de comercio e industriales, de los cuales se usaron los porcentajes de acuerdo a la dotación domestica diaria según lo especificado en la norma NTON 09 003-99

3.4.2.4. Pérdidas técnicas

Parte del agua que se produce en un sistema de agua potable se pierde en cada uno de sus componentes. Esto constituye lo que se conoce con el nombre de fuga. Se consideró un porcentaje no mayor de 20% del consumo promedio diario para sistema nuevo, según norma NTON 09 003-99

3.4.2.5. Consumo promedio diario (CPD)

Se consideró la vida útil de las estructuras y los equipos de componentes del sistema, el crecimiento poblacional, como posibles desarrollos o cambios de la comunidad que dificulten realizar la ampliación del proyecto se estima que se alcanzará en un período de 20 años.

3.4.2.6. Dotación de agua

Dado a que el sistema de agua potable brindará servicios mediante conexiones domiciliarias, se estimó una cantidad dotación estimada en l/hab*día, tomando referencias el consumo doméstico, comercial, institucional e industrial, según lo indicado en la norma técnica (NTON 09 003-99).

3.4.2.7. Período de diseño

Se consideró la vida útil de las estructuras y los equipos de componentes del sistema, el crecimiento poblacional, como posibles desarrollos o cambios de la comunidad que dificulten realizar la ampliación del proyecto se estima que se alcanzará en un período de 20 años, ver Tabla 3.

Tabla 3: Período de diseño económico para estructuras de sistemas

Tipo de estructuras	Características especiales	Períodos de diseño / años
Presas, ductos grandes.	Difíciles y costos de agrandar.	25 – 50
Pozos, tanques, equipos de bombeo, plantas de potabilización.	a) Fáciles de ampliar cuando el crecimiento y las tasas de interés son bajas. Menor al 3% anual.	20 – 25
	b) Cuando el crecimiento y las tasas de interés son altas. Mayor al 3% anual.	10 – 15
Tuberías mayores de 12" de diámetro.	Reemplazar tuberías pequeñas es más costoso a largo plazo.	20 – 25
Laterales y tuberías secundarias menores de 12" de diámetro.	Los requerimientos pueden cambiar rápidamente en áreas limitadas.	Para el desarrollo completo.

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización de agua.

3.4.2.8. Variaciones de Consumo.

a) Consumo promedio diario total (CPDT).

El consumo promedio diario total (CPDT) es el resultado de sumar el consumo promedio diario domiciliar, las pérdidas, consumo institucional.

b) Consumo máximo día (CMD).

El consumo máximo día (CMD), se estimó utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al consumo promedio diario total (CPDT) según lo establecido por la norma NTON 09 003-99.

$$CMD = 1.5 * CPDT \quad (\text{Ecuación 2})$$

c) Consumo de máxima hora (CMH)

El consumo máxima hora (CMH), se estimó utilizando el factor de variación horaria de 2.5 con respecto al consumo promedio diario (CPDT), según lo establecido por el INAA.

$$CMH = 2.5 * CPD \quad (\text{Ecuación 3})$$

3.4.3. Dimensionamiento de cárcamos

En el diseño de los pozos húmedo o cárcamos de las estaciones de bombeo, se tomaron en cuenta las consideraciones que aparecen en la norma técnica de diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Ya que el sistema incluye un almacenamiento del recurso hídrico posterior la estación de bombeo la capacidad de cada cárcamo estará sujeta a la base de consumo máximo diario.

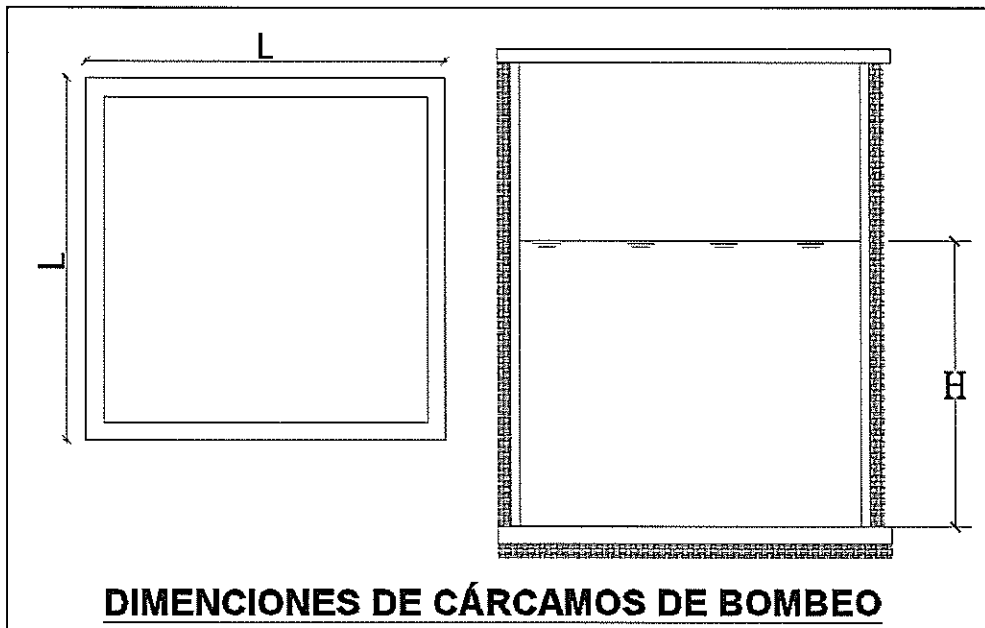
En el diseño de los pozos húmedos (cárcamos) de las estaciones de bombeo, se tuvo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Capacidad mínima equivalente (volumen del cárcamo) a 20 minutos de bombeo máximo.
- Sus dimensiones son tales que facilitan el acceso y colocación de los accesorios, a su vez para evitar velocidades altas y turbulencia del agua.
- La entrada del agua al cárcamo se da por medio de tubería sumergida en el lago para evitar turbulencia (sifón).
- El diseño del cárcamo está sujeto a una sección rectangular, por lo tanto no existe entrega de agua tangencial evitando rotación del agua.
- Para bombas de eje horizontal:

Se recomienda que cuando sea posible el eje de la bomba, esté por debajo del nivel mínimo del agua en el pozo.

En la Figura 9, se muestra el esquema básico para facilitar el dimensionamiento de los cárcamos.

Figura 9: Esquema de dimensionamiento de cárcamo de bombeo



Fuente: Elaboración Propia

Formula de volumen del cárcamo:

$$Vol = Q * t \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$Vol = A * H \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$A = L * L \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

Vol.: volumen del cárcamo (m³)

A: área del cárcamo cuadrado (m²)

L: lados (m)

H: altura del cárcamo

Q: caudal de bombeo (l/s).

t: tiempo de bombeo en segundo.

3.4.4. Pérdidas hidráulicas

3.4.4.1. Coeficiente de Rugosidad

Coefficientes de rugosidad de Hazen-Williams para los diferentes tipos de materiales y conductos.

Tabla 4: Tipos de material para conductos

Tipos de materiales del acueducto.	Coeficiente de rugosidad (C).
Tubo de hierro galvanizado (HG)	100
Tubo de concreto	130
Tubo de asbesto cemento	140
Tubo de hierro fundido (HF)	130
Tubo plástico (PVC)	150

Fuente: (Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados, s.f)

3.4.5. Diámetro de sarta de conexión

Los diámetros de sargas se seleccionaron según la norma NTON 09 003-99, para un caudal de 43.7 l/s, dando como resultado una sarga de 150 mm (6"), ver Tabla 5.

Tabla 5: Diámetros de sarta de conexión de bombas

Diámetro de sarta		Rango de caudales	
Pulgadas	(mm)	gpm	(L/s)
2	(50) menor de	80	(5.0)
3	(75)	80 – 200	(5.0 – 12.6)
4	(100)	200 – 400	(12.6 – 25.2)
6	(150)	400 – 900	(25.2 – 56.8)
8	(200)	900 – 1200	(56.8 – 75.7)
10	(250)	1200 – 1600	(75.7 – 101)

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

3.4.5.1. Pérdidas locales

Para determinar las pérdidas en la descarga se necesitan saber las pérdidas localizada en los accesorios como longitud equivalente de tubería (L_e). (Valverde, 2017), ver Tabla 6.

Pérdida por expansión súbita:

$$\frac{D_2}{D_1} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$h_{f_{exp}} = K \left(\frac{v_1^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Pérdida por contracción súbita:

$$\frac{D_1}{D_2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$h_{f_{cnt}} = K \left(\frac{v_2^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 10})$$

Longitud real de la tubería:

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde:

$h_{f_{exp}}$: pérdidas por expansión súbita (m).

$h_{f_{cnt}}$: pérdidas por contracción súbita (m).

K: coeficiente de resistencia por expansión (ver Tabla 7 o Figura 11) o contracción (ver Tabla 8 o Figura 10).

L_{real} : Longitud real (m).

L_e : Longitud equivalente que depende de los elementos contenidos en la sarta.

L_{tub} : Longitud de la tubería (m).

Tabla 6: Longitud equivalente en los accesorios de sartas

Elemento	mm.	13	19	25	32	38	50	63	76	100	125	150	200	250	300	350
	plg.	½	¾	1	1¼	1½	2	2½	3	4	5	6	8	10	12	14
Codo 90°																
Radio largo		0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Radio medio		0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.8	3.7	4.3	5.5	6.7	7.9	9.5
Radio corto		0.5	0.7	0.8	1.1	1.3	1.7	2.0	2.5	3.4	4.5	4.9	6.4	7.9	9.5	10.5
Codo 45°		0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9	1.2	1.5	1.9	2.3	3.0	3.8	4.6	5.3
Curva de 90°																
R/D 1 ½		0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0	1.3	1.6	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4
R/D 1		0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.0	1.3	1.6	2.1	2.5	3.3	4.1	4.8	5.4
Curva 45°		0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.2	2.5
Entrada																
Normal		0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.6	2.0	2.5	3.5	4.5	5.5	6.2
De borda		0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0
Válvula																
Compuerta		0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.1	2.4
Globo		4.9	6.7	8.2	11.3	13.4	17.4	21.0	26.0	34.0	45.3	51.0	67.0	85.0	102	120
Medidor		2.6	3.6	4.6	5.6	6.7	8.5	10.0	13.0	17.0	21.0	26.0	34.0	43.0	51.0	60.0
De pie		3.6	5.6	7.3	10.0	11.6	14.0	17.0	20.0	23.0	31.0	39.0	52.0	65.0	78.0	90.0

Retención															
T. liviano	1.1	1.6	2.1	2.7	3.2	4.2	5.2	6.3	6.4	10.4	12.5	16.0	20.0	24.0	38.0
T. pesado	1.6	2.4	3.2	4.0	4.8	6.4	8.1	9.7	12.9	16.1	19.3	25.0	32.0	38.0	45.0
Te de paso															
Directo	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.6	2.1	2.7	3.4	4.3	5.5	6.1	7.3
Lateral	1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Te salida bi-lateral	1.0	1.4	1.7	2.3	2.8	3.5	4.3	5.2	6.7	8.4	10.0	13.0	16.0	19.0	22.0
Salida de tubería	0.4	0.5	0.7	0.9	1.0	1.5	1.9	2.2	3.2	4.0	5.0	6.0	7.5	9.0	11.0

Fuente: Propuesta de diseño hidráulico (Valverde, 2017)

Tabla 7: Coeficiente de resistencia - expansión súbita

D_2/D_1	Velocidad V_1							
	0.6 m/s 2 pie/s	1.2 m/s 4 pie/s	3 m/s 10 pie/s	4.5 m/s 15 pie/s	6 m/s 20 pie/s	9 m/s 30 pie/s	12 m/s 40 pie/s	
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1.2	0.11	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	
1.4	0.26	0.25	0.23	0.22	0.22	0.21	0.20	
1.6	0.40	0.38	0.35	0.34	0.33	0.32	0.32	
1.8	0.51	0.48	0.45	0.43	0.42	0.41	0.40	
2.0	0.60	0.56	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	
2.5	0.74	0.70	0.65	0.63	0.62	0.60	0.58	
3.0	0.83	0.78	0.73	0.70	0.69	0.67	0.65	
4.0	0.92	0.87	0.80	0.78	0.76	0.74	0.72	
5.0	0.96	0.91	0.84	0.82	0.80	0.77	0.75	
10.0	1.00	0.96	0.89	0.86	0.84	0.82	0.80	
∞	1.00	0.98	0.91	0.88	0.86	0.83	0.81	

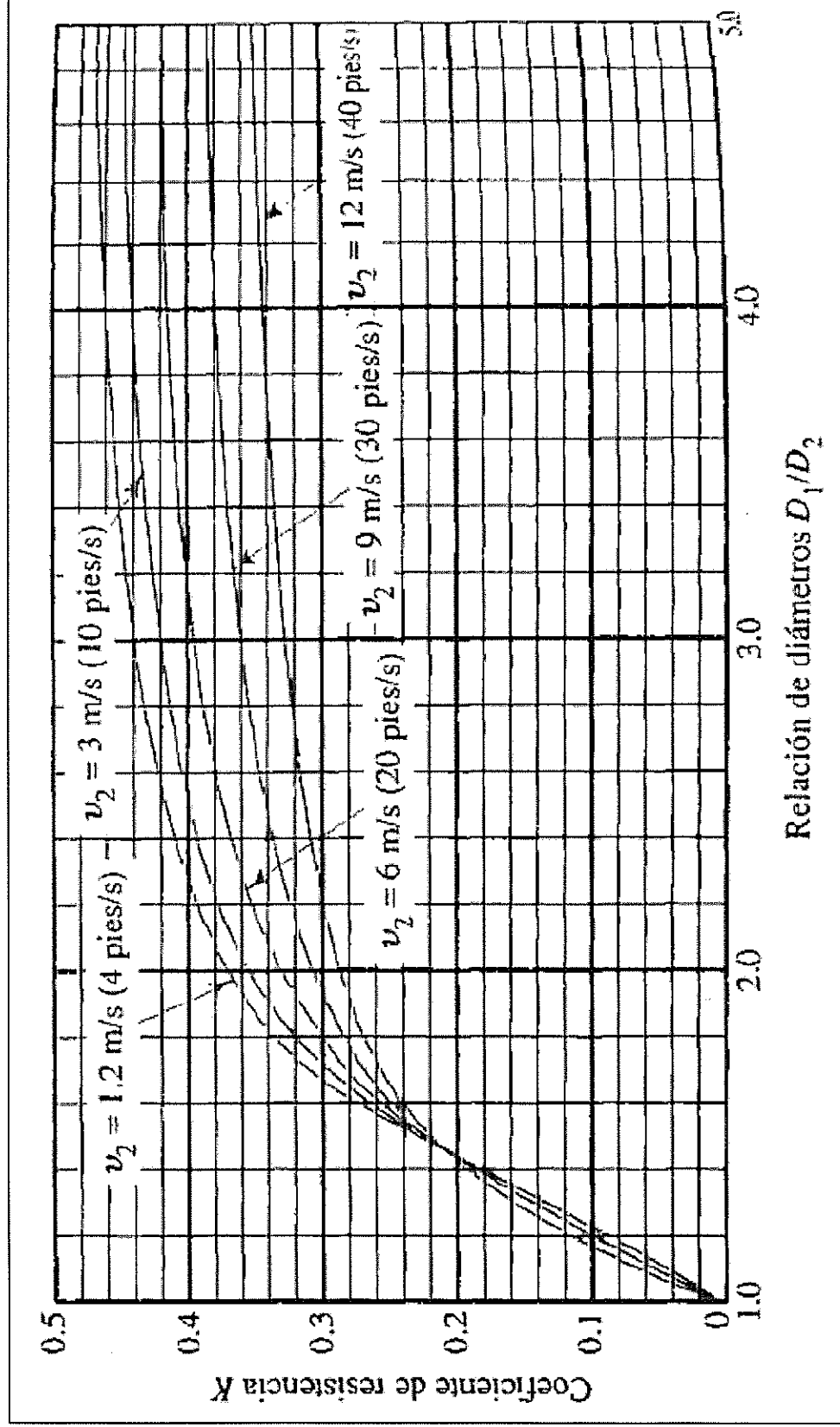
Fuente: Mecánica de fluidos (Mott, 2006).

Tabla 8: Coeficiente de resistencia - contracción súbita

D_1/D_2	Velocidad V_2											
	0.6 m/s 2 pie/s	1.2 m/s 4 pie/s	1.8 m/s 6 pie/s	2.4 m/s 8 pie/s	3 m/s 10 pie/s	4.5 m/s 15 pie/s	6 m/s 20 pie/s	9 m/s 30 pie/s	12 m/s 40 pie/s			
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1.1	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	
1.2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11	0.11	0.11	
1.4	0.17	0.17	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20	0.20	
1.6	0.26	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	
1.8	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.32	0.31	0.29	0.27	0.27	0.27	
2.0	0.38	0.37	0.37	0.36	0.36	0.34	0.33	0.31	0.29	0.29	0.29	
2.2	0.40	0.40	0.39	0.39	0.38	0.37	0.35	0.33	0.30	0.30	0.30	
2.5	0.42	0.42	0.41	0.40	0.40	0.38	0.37	0.34	0.31	0.31	0.31	
3.0	0.44	0.44	0.43	0.42	0.42	0.40	0.39	0.36	0.33	0.33	0.33	
4.0	0.47	0.46	0.45	0.45	0.44	0.42	0.41	0.37	0.34	0.34	0.34	
5.0	0.48	0.47	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.38	0.35	0.35	0.35	
10.0	0.49	0.48	0.48	0.47	0.46	0.45	0.43	0.40	0.36	0.36	0.36	
∞	0.49	0.48	0.48	0.47	0.47	0.45	0.44	0.41	0.38	0.38	0.38	

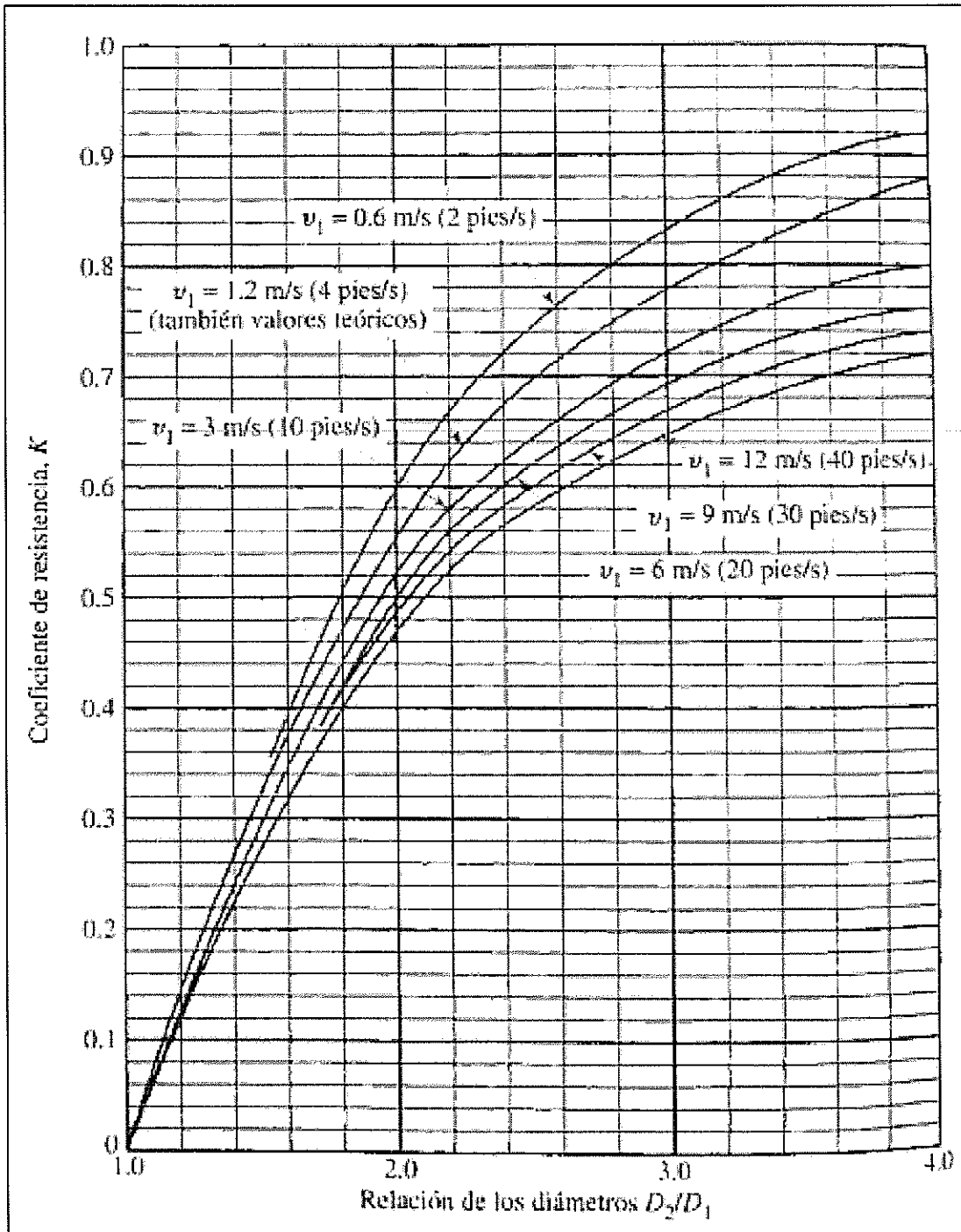
Fuente: Mecánica de fluidos (Mott, 2006).

Figura 10: Coeficiente de resistencia - contracción súbita



Fuente: Mecánica de fluidos (Mott, 2006).

Figura 11: Coeficiente de resistencia - expansión súbita



Fuente: Mecánica de fluidos (Mott, 2006).

3.4.5.2. Pérdida en la línea de conducción

Para el cálculo de las pérdidas por fricción, en la línea de conducción se utilizó la fórmula de Hazen-Williams.

$$h_f = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

h_f : Pérdidas por fricción (m).

Q: Caudal del sistema (m³/s)

C: coeficiente de rugosidad de la tubería.

D: diámetro de la tubería (m).

L_{real} : longitud real (m).

3.4.5.3. Carga neta de succión positiva (NPSH)

Para la selección de la bomba se garantizó que la condición de fluido sea la apropiada, para mantener un flujo completo del líquido. Para este diseño se determinó la carga neta de succión positiva disponible razonada con la siguiente fórmula:

$$NPSH = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad (\text{Ecuación 13})$$

$$h_{sp} = p_{sp} / \gamma \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$h_{vp} = P_{vp} / \gamma \quad (\text{Ecuación 15})$$

Donde:

NPSH:

h_{sp} : carga de presión estática sobre el fluido de almacenamiento.

h_s : diferencia de elevación desde el nivel del fluido hasta el eje central de la bomba.

hf: pérdidas de carga en la tubería de succión.

Pvp: presión de vapor (absoluta) del líquido.

hvp: carga de presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

3.4.5.4. Carga de succión (Hs)

Una parte importante del proceso de selección y operación de la bomba es garantizar que las condiciones de fluido sean las apropiadas. En todo sistema de bombeo es necesario conocer la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y el nivel mínimo del agua en la fuente o captación, afectado por la pérdida de carga en el lado de la succión.

$$\Delta h_s = h_{f_s} + h_{f_{exp-cnt}} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$H_s = h_s + \Delta h_s \quad (\text{Ecuación 17})$$

hf_{exp}: pérdidas por expansión súbita (m).

hf_{cnt}: pérdidas por contracción súbita (m).

hs: altura de succión, esto es, altura del eje de la bomba sobre el nivel inferior de agua (m).

Δhs: perdidas de carga en la succión (m).

En el diseño se debe considerarse que la carga de succión está limitada por la carga neta de succión positiva (NPSH), además, que debe existir un sumergimiento mínimo de la tubería de succión en el agua.

3.4.5.5. Carga de impulsión

Una bomba seleccionada para una aplicación, debe ser capaz de producir más pies de altura que la altura de descarga (carga de impulsión). En donde está dada por la diferencia de elevación entre el nivel máximo de las aguas en el sitio de

llegada y el eje de las bombas más la pérdida de carga del lado de la tubería de impulsión:

$$\Delta h_i = h_{f_i} + h_{f_{exp-cnt}} \quad (\text{Ecuación 18})$$

$$H_i = h_i + \Delta h_i \quad (\text{Ecuación 19})$$

Donde:

$H_f \text{ exp}$: pérdidas por expansión súbita (m).

$H_f \text{ cnt}$: pérdidas por contracción súbita (m).

h_i : altura de impulsión, o sea, la altura de nivel superior en relación al eje de la bomba (m).

Δh_i : pérdidas de carga en la tubería de impulsión (m).

3.4.5.6. Carga Total Dinámica o Cargas de bombeo.

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso se deberá obtenerse y realizarse la información relacionada con la carga dinámica total (CDT); alturas de succión y descarga y alturas totales, estáticas y dinámicas, que se tendrán bajo las diferentes condiciones de bombeo.

La altura dinámica es la suma de la carga de succión más la carga de impulsión:

$$H_b = H_s + H_i \quad (\text{Ecuación 20})$$

H_b : altura dinámica o altura de bombeo (m).

H_s : altura de succión (m).

H_i : altura de impulsión (m).

Reemplazando las ecuaciones de carga de succión y de carga de impulsión en la ecuación de altura manométrica total se tienen las siguientes relaciones:

- Bombeo con bombas de eje horizontal y vertical:

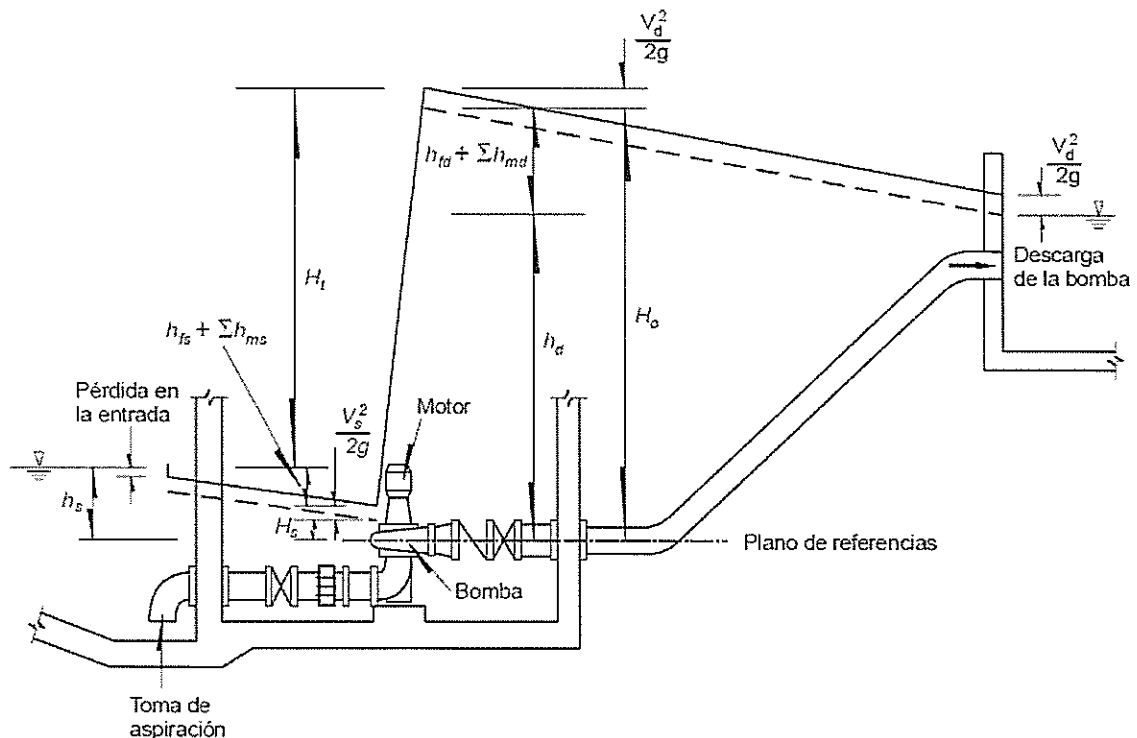
$$H_b = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i \quad (\text{Ecuación 21})$$

- Bombeo con bombas sumergibles:

$$H_b = h_i + \Delta h_i \quad (\text{Ecuación 22})$$

Partiendo de los datos que precisa la bomba: caudal a bombear, altura que tiene que salvar, tipo de fluido, tipo de instalación y la distancia con la que se encuentra la toma de agua y el depósito de agua; se calculará las pérdidas de cargas acumuladas por el propio rozamiento del fluido con los conductos más las pérdidas que aparecen por diversos accesorios propios del sistema como válvulas, codos, tee, entre otros.

Figura 12: Esquemático de altura de elevación de una bomba



Fuente: (Comisión Nacional del Agua, 2009).

3.4.6. Potencia requerida para la bomba

Las cotas de las alturas de los diferentes estados de los niveles del manto acuífero subterráneo, son los datos usados por el departamento de agua potable de la Municipalidad, valores obtenidos a prueba y error y sustentados de acuerdo al historial de proyectos formulados y ejecutados por la misma. Estos datos son los que se utilizaron para el diseño de la estación de bombeo ya que, se considera por la ubicación de la fuente de este trabajo monográfico, un comportamiento similar del manto acuífero al de los demás proyectos circunvecinos.

Como parte del proceso de selección es necesario conocer la potencia que requieren las bombas para poder transferir energía al fluido.

El cálculo de la potencia de la bomba y del motor debe realizarse con la siguiente fórmula:

$$Pb = \frac{Q_b H_b}{76 \eta} \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde:

Pb: potencia de la bomba y del motor (HP).

Qb: caudal de bombeo (l/s).

Hb: altura manométrica total (m).

η : eficiencia del sistema de bombeo, $\eta = \eta_{\text{motor}} \eta_{\text{bomba}}$

Debe consultarse al proveedor o fabricante, sobre las curvas características de cada bomba y motor para conocer sus capacidades y rendimientos reales. La bomba seleccionada debe impulsar el volumen de agua para la altura dinámica deseada, con una eficiencia (η) mayor a 70%.

3.4.7. Número de unidades de bombeo

En todo diseño de una estación de bombeo, es necesario de contar con equipos de reserva para atender situaciones de emergencia. A fin de garantizar que antes la salida programada de un equipo ya sea por daño o efectos de mantenimientos

allá otro en condición de sustituirlo. En situaciones donde se requiere solo un equipo de bombeo, es recomendable instalar uno idéntico de reserva, estableciendo un coeficiente de seguridad del 200%; pero si el tamaño de los equipos resulta muy grande, es recomendable incrementar el número de ellos, estableciendo coeficientes de seguridad menores, pero mayores alternativas y menores costos de operación. En tales casos puede admitirse hasta 150% como coeficiente de seguridad de los equipos.

Se determinó la instalación de 2 equipos de bombeo que estarán operando de manera simultánea, cumpliendo así con el 100% del tamaño del equipo y un equipo de reserva equivalente al 50%, por lo tanto se obtuvo un coeficiente de seguridad del 150% del tamaño del equipo calculado.

3.5. Metodología para el segundo objetivo específico

- Caracterizar el agua de la entrada y salida de las estaciones de bombeo para una óptima selección de los equipos de bombeo.

3.5.1. Análisis del Agua

Se realizó un estudio comparativo de análisis de laboratorio de calidad de agua contra los datos del estudio previa al proyecto que lleva como título Estudio de factibilidad del sistema de agua potable de la ciudad de San Carlos, departamento de Río San Juan/ selección y diseño de obras de emergencia, realizado en el año 2009. (Comision Nacional del Agua, 2007).

Para dicho estudio se compararon los siguientes parámetros:

- Color.
- Turbidez.
- Temperatura.
- pH.
- Conductividad.

- Residuos secos a 180°C.
- Oxígeno disuelto.
- Determinación de aniones.
- Análisis de cationes.
- Componentes no deseables.

Se realizó muestreo para los análisis correspondientes, con un volumen lo suficientemente pequeño como para ser transportado de manera segura, sin que por ello deje de representar con exactitud al material de donde procede. Antes de llenar el envase de muestreo se lavó unas 2 o 3 veces y se llenó por completo; ya que la muestra tuvo que ser transportada, se dejó un espacio de 1 por 100 de la capacidad del envase para permitir la expansión térmica.

Entre los principales factores que influyen sobre los resultados se encuentra la presencia de material suspendido o de turbidez. En general, se separa toda cantidad significativa de material suspendido, mediante decantación, centrifugación o filtración adecuada. Esto es posible decidir si se filtra o no la muestra; para medir la cantidad total de un componente no hay que eliminarlos, sino tratarlos de manera adecuada. Para realizar el muestreo de agua se tomó en cuenta la elección del lugar, profundidad y frecuencia de las tomas de muestra evitando en todo momento la espuma superficial.

En las Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13 y Tabla 14; se presentan los parámetros de calidad de agua según la norma NTON 09 003-99.

Tabla 9: Valores permisibles de color y turbidez

Parámetro	Valor máximo
Color	< 50 unidades
Turbidez	< 50 unidades

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Tabla 10: Parámetros biológicos y microbiológicos

Organismo	Unidad	Valor guía	Observaciones
I			Calidad microbiológica
A			Agua distribuida por tuberías.

Agua sometida a tratamiento que entra en el sistema de distribución

A	Bacterias coliformes	Número/100	0
-	fecales	ml	
1			Turbiedad UTN para la desinfección con el cloro es preferible un pH igual a 8.0 con 0.2 a 0.5 mg/L de cloro residual libre después del contacto durante 30 minutos (tiempo mínimo).
	Bacterias coliformes	Número/100	0
		ml	

Agua no sometida a tratamiento que entra en el sistema de distribución.

	Bacterias coliformes fecales	Número/100 ml	0	En el 98% de las muestras examinadas durante el año, cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras.
A	Bacterias coliformes	Número/100 ml	0	
-2				
	Bacterias coliformes fecales	Número/100 ml	3	Ocasionalmente en algunas muestras, pero no en muestras consecutivas.
				Agua en el sistema de distribución
A	Bacterias coliformes	Número/100 ml	0	En el 95% de las muestras examinadas durante el año cuando se trata de grandes sistemas de abastecimiento y se examinan suficientes muestras.
-				
3				
	Bacterias coliformes	Número/100 ml	3	Ocasionalmente en algunas muestras, pero no en muestras consecutivas.

B
 Agua no distribuida por tuberías

Bacterias fecales
Número/100 ml 0

No debe ocurrir en forma repetida, cuando el hecho sea frecuente y no se pueda mejorar la protección sanitaria, si es posible se deberá de buscar otra fuente.

Bacterias coliformes
Número/100 ml 10

Agua embotellada

Bacteria coliformes fecales
Número/100 ml 0

La fuente debe estar exenta de contaminación fecal.

Bacterias coliformes
Número/100 ml 0

Abastecimiento de agua en situaciones de emergencia

Bacterias coliformes fecales
Número/100 ml 0

Aconsejar al público hervir el agua cuando el agua no se ajusta a los valores.

Bacterias coliformes	Número/100 ml	0
Enterovirus	Número/100 ml	0



Calidad biológica

Protozoos
(patógenos)

II

Helminthos
(patógenos)

No se han fijado

Organismos de vida
libre (algas, otros)

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Tabla 11: Parámetros organolépticos

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Color verdadero	mg/L (pt-Co)	1	15
Turbiedad	UNT	1	5
Olor	Factor dilución	0	2 a 12° C
			3 a 25° C
Sabor	Factor dilución	0	2 a 12° C
			3 a 25° C

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Tabla 12: Parámetros físicos - químicos

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Temperatura	°C	18 a 30	
Concentración			
Iones hidrógeno	Valor pH	6.5 a 8.5 (a)	
Cloro residual	mg/L	0.5 a 1.0(b)	(c)
Cloruros	mg/L	25	250
Conductividad	us/cm	400	
Dureza	mg/L Ca CO ₃	400	
Sulfatos	mg/L	25	250
Aluminio	mg/L		0.2
Calcio	mg/L CaCO ₃	100	
Cobre	mg/L	1	2.0
Magnesio	mg/L MgCO ₃	30	50

Sodio	mg/L	25	200
Potasio	mg/L		10
Sol.Tot. Dis.	mg/L		1000
Zinc	mg/L		3.0

- a) Las aguas deben ser estabilizadas de manera que no produzcan efectos corrosivos ni incrustantes en las tuberías.
- b) Cloro residual libre.
- c) 5 mg/L en casos especiales para proteger a la población de brotes epidémicos.

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Tabla 13: Parámetros para sustancias no deseadas

Parámetro	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
Nitrato – NO-1 ₃	mg/L	25	45
Nitritos – NO-1 ₂	mg/L	0.1	1
Amonio	mg/L	0.05	0.5
Hierro	mg/L		0.3
Manganeso	mg/L	0.1	0.5
Fluoruro	mg/L		0.7 – 1.5
Sulfuro hidrógeno	mg/L		0.05

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

Tabla 14: Parámetros de sustancias indeseables para la salud

Parámetro	Unidad	Valor máximo admisible
Arsénicos	mg/L	0.01
Cadmio	mg/L	0.05
Cianuro	mg/L	0.05
Cromo	mg/L	0.05
Mercurio	mg/L	0.0001
Níquel	mg/L	0.05
Plomo	mg/L	0.01
Antimonio	mg/L	0.05
Selenio	mg/L	0.01

Fuente: Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09 003-99).

3.6. Metodología para el tercer objetivo específico

- Determinar el diámetro óptimo para el sistema de conducción en función de las pérdidas hidráulicas y el menor costo.

Cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso, se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico. En efecto, si el diámetro es pequeño, la pérdida de carga es grande y entonces habrá que usar una bomba de carga elevada que logre vencer las pérdidas, siendo por esta razón muy elevado los costos de la impulsión. Por el contrario, si el diámetro de la tubería es grande, la pérdida de carga es pequeña y la altura a elevar el agua será menor, lo que se traducirá en menor costo de bombeo, pero con una tubería de mayor diámetro y precio. (Rodríguez, 2001)

Por lo tanto en el análisis económico de selección de tubería de impulsión es necesario que ambos gastos (gastos de adquisición de tubería y gastos de operación y bombeo) den un costo anual mínimo. Para ser efectivo estos conceptos en la práctica es necesario que no existan deflexiones en la tubería, tanto de perfil como de planta.

3.6.1. Diámetro

El cálculo hidráulico en este caso se tomó en cuenta para la obtención del diámetro más económico, analizando los efectos del golpe de ariete, el cual se produce por las interrupciones de la energía eléctrica o durante las operaciones de paro o puesta en marcha de los equipos de bombeo.

Para este caso se nos presenta de dos maneras, una línea de bombeo de la captación a la PTAP (planta de tratamiento de agua potable) y una segunda línea de re-bombeo de la PTAP al tanque de almacenamiento; los diámetros por analizar en cada una de las descargas de los sistemas de bombeo (de los que se analizaron 3 casos diferentes) para el cálculo del diámetro más económico deben

satisfacer el requisito de que la velocidad que se obtenga con ellos al aplicar la ecuación de continuidad sea menor de 2.0 m/s.

Para proponer los diámetros a analizar, se aplicó la fórmula de DUPIT.

$$Diametro\ teorico = 1.2\ o\ 1.5\ \sqrt{Q_{max.\ diario}}\ en\ pulgadas\ \quad (Ecuación\ 24)$$

Donde:

\varnothing = Diámetro tentativo en pulgadas

Q= Gasto de conducción, en l. p. s

1.2 y 1.5 = Factores que se puede considerar constantes en todos los casos en virtud de los gastos que se manejan.

3.6.2. Material de la tubería

Se realizó el cálculo del golpe de ariete para determinar el tipo tubería a utilizar en la descarga de los equipos de bombeo. De igual forma se tomó en cuenta la presión necesaria que deben ejercer los equipos para vencer las diferencias de alturas al punto de descarga (Rodriguez, 2001).

Se analizaron para cada caso, la sobre presión generada en la tubería debido al golpe de ariete.

$$\Delta Hi = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{Ka.D}{Et.e}}} \quad (Ecuación\ 25)$$

En donde:

ΔHi = Golpe de Ariete, en mts.

V = Velocidad de circulación del agua en la tubería, en m.p.s.

Ka = Módulo de elasticidad del agua = 20, 738 kg/cm². o 300, 000 lb/pie².

Et = Módulo de elasticidad del material con que está fabricado el tubo:

Para Asbesto Cemento Et = 328, 000 kg/cm².

Para acero Et = 2,100, 000 kg/cm².

Para PVC Et = 28,100 kg/cm²

Para Fibrocemento $E_t = 240,000 \text{ Kg/cm}^2$

Para Cobre $E_t = 1,300,000 \text{ Kg/cm}^2$

Para hierro colado $E_t = 1,050,000 \text{ Kg/cm}^2$

Para concreto $E_t = 175,000 \text{ Kg/cm}^2$

D = Diámetro inferior de la tubería en cm

e = espesor de la pared del tubo en cm.

3.6.3. Determinación de costos

Se realizó un análisis de costos de 3 diámetros adicionales al diámetro calculado para el sistema de conducción.

Para lo cual se consideró los costos incurridos en el suministro, instalación del equipo, costo de operación, mantenimiento y costos de consumo energético. Con los resultados de esta comparación de diámetros y su correspondiente costo, se logró obtener el balance más económico entre el costo de operación y obtención del equipo.

IV. ANALISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Cálculos de la proyección de demanda total de agua para el proyecto

La población de diseño para el proyecto se calculó aplicando la fórmula de proyección geométrica. Para el cálculo de consumo de población se basó en la Información recopilada con anterioridad. En cuanto al crecimiento poblacional proyectado la dotación estipulada, por las normas NTON 09 003-99, se incrementará por un factor estimado de consumo institucional y otro de pérdidas y desperdicio de agua en el sistema, determinando así los consumos del último año del periodo de diseño del proyecto.

A continuación en las Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17, se muestran los requerimientos necesarios para la estimación de demanda total de la población, según la NTON 09 003-99.

Tabla 15: Rango de dotación de agua según población

Rango de población	Dotación	
	g/hab/día	litro/hab/día
0 - 5,000	20	75
5,000 - 10,000	25	95
10,000 - 15,000	30	113
15,000 - 20,000	35	132
20,000 - 30,000	40	151
30,000 - 50,000	45	170
50,000 - 100,000 y más	50	189

Fuente: Norma técnica para el diseño de abastecimiento de agua potable (NTON 09 003-99). (Alcantarillados).

Tabla 16: Dotación de agua comercial, industrial e institucional

Consumo	Porcentaje
Comercial	7
Público o institucional	7
Industrial	2

Fuente: Norma técnica para el diseño de abastecimiento de agua potable (NTON 09 003-99). (Alcantarillados).

Tabla 17: Factores de máximas demandas

Demanda del máximo día (%).	130	150
Demanda de la hora máxima (%)	250	
Pérdidas del sistema (%).	20	

Fuente: Norma técnica para el diseño de abastecimiento de agua potable (NTON 09 003-99). (Alcantarillados).

La dotación de la población de acuerdo con la norma para el diseño de abastecimiento de agua, con un nivel de servicio de conexiones domiciliarias, es de 132 lppd (31.87 galones por persona diario) para el año 2030, tomando en cuenta los datos del último censo realizado, ver Tabla 18.

Tabla 18: Datos iniciales de población del proyecto

Datos iniciales	
Población del último censo.	7688
Año del último censo.	2009
Tasa de crecimiento poblacional (%).	2.5
Proyección turística para el último censo	469

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la memoria de cálculo para el año 2010 es la siguiente:

Para la población inicial del año 2010 es la suma de la población actual y la proyección turística del el año censado (2009).

$$Pf = Pa(1 + r)^n \quad (\text{Ecuación 1})$$

$$Pf_{2010} = (7688 + 469) * (1 + 2.5\%)^1 = 8,360.93 \approx 8,361$$

$$Dh \text{ (m}^3/\text{hab /día)} = \frac{Pf * \text{dotación}}{1000} \quad (\text{Ecuación 26})$$

$$Dh = \frac{8361 * 95 \text{ lts/hab/día}}{1000} = 794.29 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Dc = Dh * \text{Dotación comercial} \quad (\text{Ecuación 27})$$

$$Dc = 794.29 * 7\% = 55.60 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Dind = Dh * \text{Dotación Industrial} \quad (\text{Ecuación 28})$$

$$Dind = 794.29 * 2\% = 15.89 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Dins = Dh * \text{Dotación institucional} \quad (\text{Ecuación 29})$$

$$Dins = 794.29 * 7\% = 55.60 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$hf_{tec} = (Dh + Dc + Dins + Dind) * 20\% \quad (\text{Ecuación 30})$$

$$hf_{tec} = (794.29 + 127.09) * 20\% = 184.27 \text{ m}^3/\text{día}$$

Donde:

Dh: demanda humana.

Dc: demanda comercial.

Dind: demanda industrial.

Dins: demanda institucional.

hf_{tec}: pérdidas técnicas del sistema.

Se calculó el consumo promedio diario total (CPDT) multiplicado la dotación por la cantidad de habitante para el último periodo de diseño y sumando el porcentaje de demanda comercial, industrial, institucional y las pérdidas del sistema.

$$CPDT(l/s) = \frac{Dh+Dc+Dind+Dins+hf_{tec}}{1000} \times \frac{1}{86400} \quad (\text{Ecuación 31})$$

$$CPDT = \frac{794.29 + 55.60 + 15.89 + 55.60 + 184.27}{1000} \times \frac{1}{86400} = 12.80 \text{ l/s}$$

El consumo máximo día (CMD), se estimó un valor utilizando el factor de variación diaria de 1.5 con respecto al consumo promedio diario total. El consumo máxima hora (CMH), se estimó un valor utilizando el factor de variación horaria de 2.5 con respecto al consumo promedio diario.

$$CMD = 1.5 * CPDT \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$CMD = 12.80 * 1.5 = 19.20 \text{ l/s}$$

$$CMH = 2.5 * CPD \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$CMH = 12.80 * 2.5 = 31.99 \text{ l/s}$$

A continuación se presenta los resúmenes de cálculos realizados para el período de diseño del proyecto (Tabla 19, Tabla 20).

Tabla 19: Proyección de crecimiento poblacional

Año	Tasa de crecimiento (%)	Población total
2009	2.5	8,157
2010	2.5	8,361
2011	2.5	8,570
2012	2.5	8,784
2013	2.5	9,004
2014	2.5	9,229
2015	2.5	9,460
2016	2.5	9,696
2017	2.5	9,939
2018	2.5	10,187
2019	2.5	10,442
2020	2.5	10,703
2021	2.5	10,970
2022	2.5	11,245
2023	2.5	11,526
2024	2.5	11,814
2025	2.5	12,109
2026	2.5	12,412
2027	2.5	12,722
2028	2.5	13,040
2029	2.5	13,366
2030	2.5	13,700

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Proyección de demanda total de agua

Proyección de la demanda total de agua.												
Año	Población	% de pérdidas técnicas	Demanda humana		Demanda comercial, industrial e institucional			Pérdidas técnicas (M3/día)	Consumo promedio diario total (l/s)	Consumo máximo día (l/s)	Consumo máximo hora (l/s)	
			Dotación (lts/hab/día)	Demanda humana (M3/día)	Comercial (M3/día)	Industrial (M3/día)	Publico institucional (M3/día)					Subtotal (M3/día)
2009	8,157	20	95	774.92	54.24	15.50	54.24	123.99	179.78	12.48	18.73	31.21
2010	8,361	20	95	794.29	55.60	15.89	55.60	127.09	184.27	12.80	19.20	31.99
2015	9,460	20	95	898.66	62.91	17.97	62.91	143.79	208.49	14.48	21.72	36.20
2020	10,703	20	113	1,209.40	84.66	24.19	84.66	193.50	280.58	19.48	29.23	48.71
2025	12,109	20	132	1,598.40	111.89	31.97	111.89	255.74	370.83	25.75	38.63	64.38
2030	13,700	20	132	1,808.45	126.59	36.17	126.59	289.35	419.56	29.14	43.70	72.84

Fuente: Elaboración Propia

4.2. Cálculo de dimensionamiento de los cárcamos de bombeo

Para el dimensionamiento de los cárcamos de bombeo nos basamos en los criterios de la norma (NTON 09 003-99) para la cual determinamos un tiempo de bombeo de 16 minutos como máximo con un caudal constante de 43.70 l/s; por lo tanto obtenemos los siguientes resultados:

$$Vol = Q * t \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$Vol = \frac{43.70 \text{ l/s} * (16 \text{ minut} * \frac{60 \text{ segundos}}{1 \text{ minut}})}{1000} = 41.95 \text{ m}^3$$

Se decidió que el área de los cárcamos sería cuadrado con lados de 4m para facilitar su dimensionamiento por lo tanto la altura útil (nivel del agua) de los cárcamos se da al despejar la siguiente fórmula:

$$Vol = A * H \quad (\text{Ecuación 5})$$

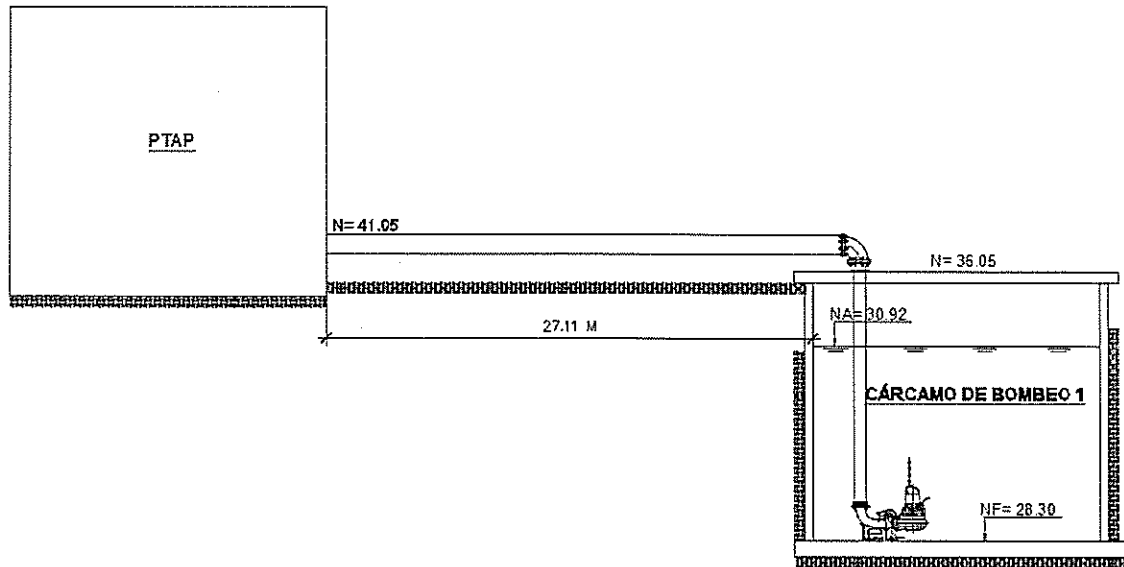
$$H = \frac{41.95 \text{ m}^3}{4 \text{ m} * 4 \text{ m}} = 2.62 \text{ m}$$

4.3. Cálculo hidráulico para la potencia de bomba del cárcamo No. 1

La sarta de descarga para el equipo de bombeo se tomó en cuenta los criterios de la norma arrojando como resultado una sarta de descarga en 6", para lo cual tenemos los siguientes cálculos:

La Figura 13, refleja los niveles de y distancias necesarias para el cálculo del equipo de bombeo del cárcamo 1.

Figura 13: Esquema del sistema de bombeo 1



Fuente: Elaboración Propia

Las pérdidas por fricción para la columna de descarga será el 5% de la longitud según la norma (NTON 09 003-99), por lo tanto obtenemos lo siguiente:

$$h_{f_{columna}} = 5\% * longitud\ de\ la\ columna \quad (\text{Ecuación 32})$$

$$Longitud\ de\ columna = Elv_2 - Elv_1 \quad (\text{Ecuación 33})$$

$$Longitud\ de\ columna = 36.05\ m - 28.10\ m = 7.95\ m$$

$$h_{f_{columna}} = 5\% * 7.95\ m = 0.40\ m$$

Donde:

Elv1: nivel del eje de la bomba.

Elv2: nivel más alto del cárcamo de bombeo.

A continuación se presenta las pérdidas de los accesorios por medio de longitud equivalente para la sarta de descarga en el Tabla 21.

Tabla 21: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga

Accesorios en 6"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Codo 90 grados	1	3.4	3.4
Medidor	1	26	26
Válvula check	1	19.3	19.3
Válvula compuerta	1	1.1	1.1
Codo 45 grados	2	2.3	4.6
Total	6		54.4

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y pérdidas en la tubería de impulsión para la bomba:

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{real} = 27.11 \text{ m} + 54.4 \text{ m} = 81.51 \text{ m}$$

$$h_f = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$h_f = 10.675 \left(\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.15 \text{ m}^{-4.871} * 81.51 = 2.81 \text{ m}$$

$\Delta h_i = h_{fi} + h_{fexp-cnt}$ (Ecuación 18) y la carga total por H_i . $H_i = h_i + \Delta h_i$ (Ecuación 19).

$$\Delta h_i = 2.81 \text{ m} + 0.40 \text{ m} = 3.21 \text{ m}$$

$$H_i = 12.75 \text{ m} + 3.21 \text{ m} = 15.96 \text{ m}$$

Dado que la bomba es sumergible, la carga de succión es igual a la carga de impulsión, por lo tanto, la carga de bombeo es la misma.

$$H_s = H_i$$

$$H_b = 15.96 \text{ m}$$

Por lo tanto, la potencia de la bomba queda definida por:

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76 \eta} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$P_b = \frac{43.70 \text{ l/s} * 15.96 \text{ m}}{76 * 0.60} = 15.29 \text{ HP} \approx 20 \text{ HP}$$

Debido a que en el mercado no existe un equipo de 15.29HP se toma el inmediato superior existente, dando como resultado un equipo de bombeo de 20 HP.

Habiendo determinado la potencia de la bomba, para cumplir con el coeficiente de seguridad del 150%, se determina que dos equipos de 10 HP estarán operando de manera simultánea, y un equipo de reserva de la misma capacidad, se dispondrá para situaciones de emergencia.

Uno de los elementos necesarios a calcular para diseño y selección de la tubería de conducción en los sistemas de bombeo, es la sobre presión ejercida en la tubería por el golpe de ariete; el cual es definido por:

$$\Delta H_i = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{K a \cdot D}{E t \cdot e}}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde, la velocidad queda definida por:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.15 \text{ m})^2} = 2.26 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$\Delta Hi = \frac{145 (2.26)}{\sqrt{1 + \frac{(20738)(15)}{(2,100,000)(0.71)}}} = 298.08 \text{ m}$$

La sobrepresión ejercida por el golpe de ariete, el 80% la reciben las válvulas aliviadoras de presión y el 20% la tubería (Rodriguez, 2001), por tanto:

$$Hs = \Delta Hi * 20\% \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$Hs = 298.08 \text{ m} * 20\% = 59.62 \text{ m}$$

Por lo tanto la carga de trabajo normal a la que estará sometida la tubería será:

$$\Delta H = hi + \Delta hi + Hs \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$\Delta H = 12.75 \text{ m} + 3.21 \text{ m} + 59.62 \text{ m} = 75.57 \text{ m}$$

$$\Delta H = 7.56 \text{ kg/cm}^2$$

4.4. Cálculo hidráulico para la potencia de bomba del cárcamo No. 2

Para el diseño de la sarta de descarga para el equipo de bombeo, se tomó en cuenta los criterios de la norma NTON 09 003-99, arrojando como resultado una sarta de descarga en 6", sin embargo para el diámetro de succión de la bomba, nos basamos en el cálculo de diámetro teórico, para lo cual empleamos la siguiente formula:

$$Q = A * V = \frac{\pi D^2}{4} * V \quad (\text{Ecuación 37})$$

Donde el rango de la velocidad, según NTON 09 003-99, debe ser entre 0.75 m/s a 1.5 m/s. en el presente estudio se tomó la velocidad de 0.75 m/s, dado que, entre menor es la velocidad del fluido, es menor la turbulencia aplicada a la entrada de la bomba, evitando de esta manera el efecto de cavitación.

Por consiguiente el diámetro teórico para la tubería de succión de la bomba es:

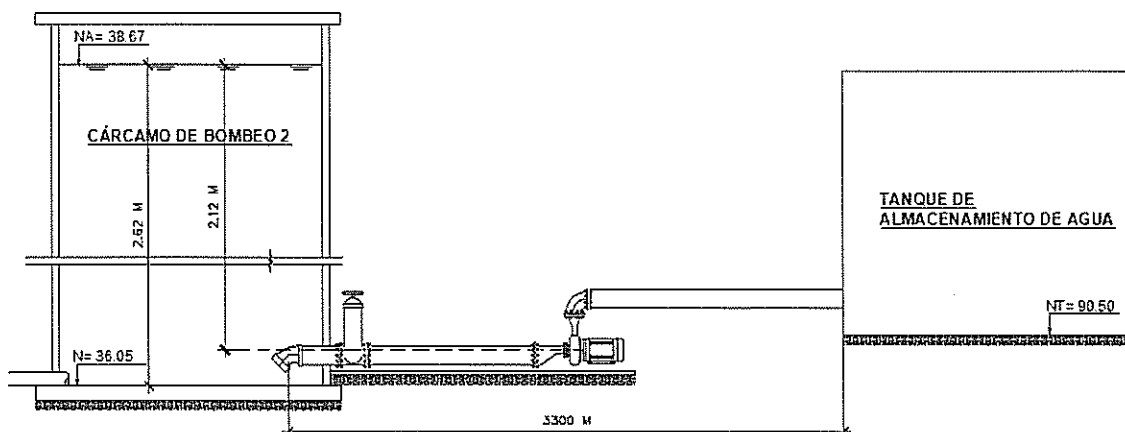
$$D_{teorico} = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot V}} \quad (\text{Ecuación 38})$$

$$D_{teorico} = \sqrt{\frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi * 0.75 \text{ m/s}}} = 0.26 \text{ m}$$

El resultado del diámetro teórico es de 260 mm, por lo que seleccionamos el diámetro comercial más cercano, el cual es de 250 mm (10”).

La Figura 14, refleja los niveles de y distancias necesarias para el cálculo del equipo de bombeo del cárcamo 2.

Figura 14: Esquema del sistema de bombeo 2



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presenta las pérdidas de los accesorios por medio de longitud equivalente, mediante el Tabla 22.

Tabla 22: Resumen de longitud equivalente de sarta de succión

Accesorios en 10"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Válvula compuerta	1	1.7	1.7
Codo 45 grados	1	3.8	3.8
Total	3		5.50

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y carga de succión para la bomba, en la cual tomaremos como eje de referencia el eje de la bomba (ver Figura 15), por lo tanto:

$$\text{Longitud de tubería de succión} = 6 * D_{\text{succión}} = 6 * 0.25 \text{ m} = 1.50 \text{ m}$$

$$L_{\text{real}} = L_{\text{tub}} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{\text{real}} = 1.50 \text{ m} + 5.50 \text{ m} = 7.00 \text{ m}$$

Para el cálculo de pérdidas de energía debido a una contracción súbita se toma en cuenta la relación entre los diámetros y la velocidad de entrada en la reducción y así determinar el coeficiente de resistencia por contracción (ver Tabla 8):

$$\frac{D_1}{D_2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$\frac{10''}{5''} = 2$$

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V_2 = \frac{4 (0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi (0.13 \text{ m})^2} = 3.01 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el coeficiente de resistencia por contracción súbita según la Tabla 8 es:

$$K = 0.36$$

Las pérdidas de energía por contracción súbita se obtienen de la siguiente formula:

$$hf_{cnt} = K \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$hf_{cnt} = 0.36 \left(\frac{3.01^2}{2g} \right) = 0.17 \text{ m}$$

Cálculo de altura de succión de la bomba:

$$hf_s = 10.675 \left(\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.25^{-4.871} * 7.00 = 0.02 \text{ m}$$

Donde las pérdidas totales en la succión está dada por Δhs .

$$\Delta hs = hf_s + hf_{exp-cnt} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$\Delta hs = 0.02 + 0.17 = 0.19 \text{ m}$$

Siendo definida la carga de la succión por H_s igual a las pérdidas totales en la succión, ya que, se tomó como eje de referencia el eje mismo de la bomba, por lo tanto:

$$H_s = \Delta hs$$

$$H_s = 0.19 \text{ m}$$

Como se expresa anteriormente el diámetro de la sarta de descarga de la bomba es de 6" según la norma (NTON 09 003-99). A continuación se presenta las pérdidas de los accesorios por medio de longitud equivalente para la sarta de descarga mediante la Tabla 23.

Tabla 23: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga

Accesorios en 6"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Codo 90 grados	1	3.4	3.4
Medidor	1	26	26
Válvula check	1	19.3	19.3
Válvula compuerta	1	1.1	1.1
Codo 45 grados	2	2.3	4.6
Total	6		54.40

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y carga de impulsión para la bomba:

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{real} = 3300 \text{ m} + 54.4\text{m} = 3354.4 \text{ m}$$

Para el cálculo de pérdidas de energía debido a una expansión súbita se toma en cuenta la relación entre los diámetros y la velocidad de salida en la reducción y así determinar el coeficiente de resistencia por expansión (Tabla 7)

$$\frac{D_2}{D_1} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\frac{6''}{4''} = 1.5''$$

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V_1 = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.10 \text{ m})^2} = 5.09 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.15 \text{ m})^2} = 2.26 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el coeficiente de resistencia por expansión súbita según la Tabla 7.

$$K = 0.28$$

Las pérdidas de energía por expansión súbita se obtienen de la siguiente formula:

$$hf_{exp} = K \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$hf_{exp} = 0.28 \left(\frac{5.09^2}{2g} \right) = 0.37$$

A continuación se presenta el cálculo de las pérdidas en la línea de conducción de la bomba:

$$hf = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$hf_i = 10.675 \left(\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.15 \text{ m}^{-4.871} * 3354.40 = 115.67 \text{ m}$$

$\Delta h_i = hf_i + hf_{exp} - cnt$ (Ecuación 18) y la carga total por H_i . $H_i = h_i + \Delta h_i$ (Ecuación 19).

$$\Delta h_i = 115.67 + 0.37 = 116.04 \text{ m}$$

$$H_i = 54.45 \text{ m} + 116.04 \text{ m} = 170.49 \text{ m}$$

La altura de bombeo está definida por la siguiente formula, por lo tanto obtenemos el siguiente resultado:

$$H_b = H_s + H_i = 0.19 \text{ m} + 170.49 \text{ m} = 170.68 \text{ m}$$

A continuación se presenta el cálculo de potencia de la bomba mediante la siguiente formula:

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76 \eta} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$P_b = \frac{43.70 \text{ l/s} * 170.68 \text{ m}}{76 * 0.85} = 115.46 \text{ HP} \approx 125 \text{ HP}$$

Debido a que en el mercado no existe un equipo de 115.46HP se toma el inmediato superior existente, dando como resultado un equipo de bombeo de 125 HP.

Habiendo determinado la potencia de la bomba y para cumplir con el coeficiente de seguridad del 150% se determina que dos equipos de 75 HP estarán operando de manera simultánea y un equipo de reserva de la misma capacidad para situaciones de emergencia.

Para el cálculo de la carga neta de succión positiva (NPSHa) se tomó en cuenta que la estación de bombeo del cárcamo 2 se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 30 metros.

Figura 15: Esquema de elevación del eje y niple de succión



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se calculó la carga neta de succión positiva mediante la siguiente formula:

$$NPSH = h_{sp} \pm h_s - h_f - h_{vp} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Para el cálculo de la presión atmosférica en el sitio de estudio está dado de la siguiente manera:

$$Patm = 760 \text{ mmHg} - 0.081(H \text{ msnm}) = 760 - 0.081(30) = 757.57 \text{ mmHg}$$

Por lo tanto, la carga de presión estática h_{sp} se determina a continuación:

$$h_{sp} = p_{sp}/\gamma \quad (\text{Ecuación 14})$$

$$h_{sp} = \frac{757 \text{ mmHg} * 10.33 \text{ m.c.a}}{760 \text{ mmHg}} \therefore h_{sp} = 10.30 \text{ m.c.a}$$

Dado que el nivel de succión de la bomba está por debajo de la superficie libre del agua, h_s tendrá un valor positivo que es igual a la diferencia de elevación entre el eje de la bomba y la superficie libre del agua (ver Figura 15).

$$h_s = 2.12$$

Las pérdidas de carga en la tubería de succión h_f están dadas por:

$$h_f = \Delta h_s = 0.19 \text{ m}$$

Se determinó la carga de presión de vapor (h_{vp}) mediante la Tabla 24 para una temperatura de 20°C.

$$h_{vp} = 0.2388$$

Por lo tanto, se define la carga neta de succión positiva como:

$$NPSH_A = 10.30 + 2.12 - 0.19 - 0.2388 = 11.99 \text{ m}$$

Para evitar el efecto de cavitación es necesario que la carga neta de succión positiva disponible ($NPSH_A$) sea mayor al 110% de la carga neta de succión de la bomba ($NPSH_R$), por tanto:

$$NPSH_A > 1.10NPSH_R \quad \therefore \quad NPSH_R = \frac{11.99}{1.10} = 10.90 \text{ mts}$$

Tabla 24: Presión de vapor y carga de presión de vapor del agua

Temperatura	Presión de vapor kPa (abs)	Peso específico (kN/m ³)	Carga de presión de vapor (m)
0	0.6105	9.806	0.06226
5	0.8722	9.807	0.08894
10	1.228	9.804	0.1253
20	2.338	9.789	0.2388
30	4.243	9.765	0.4345
40	7.376	9.731	0.7580
50	12.33	9.690	1.272
60	19.92	9.642	2.066
70	31.16	9.589	3.250
80	47.34	9.530	4.967
90	70.10	9.467	7.405
100	101.3	9.399	10.78

Fuente: Mecánica de fluido, sexta edición (Mott, 2006).

Para esta condición de trabajo, el cálculo de golpe de ariete está dado por:

$$\Delta Hi = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{Ka.D}{Et.e}}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde, la velocidad está dada por:

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.15 \text{ m})^2} = 2.26 \text{ m/s}$$

$$V_2 = 2.26 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$\Delta Hi = \frac{145 (2.26)}{\sqrt{1 + \frac{(20738)(15)}{(2,100,000)(0.71)}}} = 298.08 \text{ m}$$

Considerando que el 80% de la sobre presión ejercida por el golpe de ariete, la recibe la válvula de alivio y el 20% la tubería de conducción, por consiguiente, la sobre presión en la tubería se obtiene por:

$$Hs = \Delta Hi * 20\% \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$Hs = 298.08 \text{ m} * 20\% = 59.62 \text{ m}$$

Por lo tanto, la carga de trabajo normal a la que estará sometida la tubería será:

$$\Delta H = hi + \Delta hi + Hs \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$\Delta H = 54.45 \text{ m} + 116.04 \text{ m} + 59.62 \text{ m} = 230.11 \text{ m}$$

$$\Delta H = 23.01 \text{ kg/cm}^2$$

4.5. Caracterización del agua

En el proceso de caracterizar las aguas apropiadamente para ser potabilizadas, se realizó una serie de análisis físico-químicos del agua por parte de Enacal y por parte de la consultoría, previos al proyecto; además se realizaron análisis a las aguas en la planta de tratamiento de agua potable (PTAP) antes de clorar el agua y luego de ser tratadas; a continuación se presenta la tabla resumen de los resultados obtenidos:

En base a los estudios detallados en la Tabla 25 se puede afirmar que la fuente de abastecimiento de agua a utilizar, según la NTON 09 003-99, cumple con los requerimientos necesarios para su potabilización.

Sin embargo, es necesarios utilizar en el cárcamo 1, bomba de impulsor abierto, por el alto contenido de material en suspensión presente en el agua.

Tabla 25: Análisis físico-químicos previos al proyecto

Lugar de muestra: Lago Cocibolca		Descripción de la muestra: Agua	
Ítem	Análisis	Unidad	Resultado
1	Turbidez	UNT	27.7
2	Sodio	mg/l	30.29
3	Potasio	mg/l	4.95
4	Calcio	mg/l	17.1
5	Magnesio	mg/l	6.97
6	Carbonatos	mg/l	<2.4
7	Sulfatos	mg/l	16.06
8	Cloruros	mg/l	27.2
9	Nitritos	mg/l	1.44
10	Fosfatos	mg/l	3.56
11	Dureza como carbonato de calcio	mg/l	71.4
12	Fluoruro	mg/l	0.87
13	Demanda química de oxígeno	mg/l	12.3
14	pH		7.19
15	Conductividad eléctrica	μS/cm	298
16	Arsénico	μg.L-1	<1d
17	Plomo	μg.L-1	<1d
18	Cadmio	μg.L-1	<1d
19	Cobre	μg.L-1	<1d
20	Mercurio	μg.L-1	<1d
21	Coliformes totales	NMP/100ml	17
22	Coliformes fecales	NMP/100ml	13

Fuente: (ENACAL, Memoria de cálculo hidráulico para la planta de tratamiento de agua potable en la ciudad de San Carlos., 2016)

Las cantidades de muestreo realizados en la planta de tratamiento son iguales a 1400 muestras para cada uno de los sectores a los que se realizaron análisis (agua cruda, sedimentadores, filtros, cárcamo 2 y tanque de almacenamiento).

A continuación en la Tabla 26 se presenta los resultados de las aguas tratadas en el cárcamo 2, cumpliendo a cabalidad con la NTON 09 003-99.

Tabla 26: Análisis físico-químicos realizados en la PTAP

Lugar de la muestra: PTAP – San Carlos		Descripción de la muestra: Agua	
Ítem	Análisis	Sitio de muestreo	Resultados
1	pH	Canal de mezcla rápida (agua cruda)	7.29
2	Turbidez		35.35
3	Color		209.01
4	Turbidez	Sedimentadores	2.82
5	Color		12.48
6	Turbidez	Filtros	1.58
7	Color		16.15
8	pH	Cárcamo 2 (agua tratada)	7.33
9	Turbidez		1.61
10	Color		2.52
11	Conductividad eléctrica		255.84
12	Temperatura promedio (°C)		24.74
13	Coliformes fecales (NMP/100ml)		0
14	Coliformes (NMP/100ml)		0

Fuente: (ENACAL, Análisis de Agua en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de San Carlos., 2018).

4.6. Cálculo de diámetro óptimo de descarga y su equipo de bombeo correspondiente.

4.6.1. Cálculo de diámetro óptimo de descarga

Para obtener el diámetro óptimo de descarga se calculó de la siguiente manera:

$$Diametro\ teorico = 1.2\ o\ 1.5\ \sqrt{Q_{max.\ diario}}\ en\ pulgadas \quad (Ecuación\ 24)$$

$$Diametro\ teórico = 1.5\sqrt{43.7\ lps} = 9.92''$$

Para el análisis de diámetro óptimo se tomó el diámetro comercial próximo al resultado (10 pulgadas), el inmediato inferior (8 pulgadas) y el inmediato superior (12 pulgadas).

4.6.2. Cálculos hidráulicos para tubería de descarga en 10 pulgadas para el cárcamo 1

Las pérdidas por fricción para la columna de descarga será el 5% de la longitud según la norma (NTON 09 003-99), por lo tanto obtenemos lo siguiente:

$$hf_{columna} = 5\% * longitud\ de\ la\ columna \quad (Ecuación\ 32)$$

$$Longitud\ de\ columna = Elv_2 - Elv_1 \quad (Ecuación\ 33)$$

Donde:

Elv1: nivel del eje de la bomba.

Elv2: nivel más alto del cárcamo de bombeo.

$$Longitud\ de\ columna = 36.05\ m - 28.10\ m = 7.95\ m$$

$$hf_{columna} = 5\% * 7.95\ m = 0.40\ m$$

En la Tabla 27: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga, se presenta el resumen de longitud equivalente para los accesorios de la sarta de descarga.

Tabla 27: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga

Accesorios en 10"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Codo 90 grados	1	5.5	5.5
Medidor	1	43	43
Válvula check	1	32	32
Válvula compuerta	1	1.7	1.7
Codo 45 grados	2	3.8	7.6
Total	6		89.8

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y pérdidas en la tubería de impulsión para la bomba:

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{real} = 27.11 \text{ m} + 89.8 \text{ m} = 116.91 \text{ m}$$

$$h_f = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$h_{fi} = 10.675 \left(\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.25 \text{ m}^{-4.871} * 116.91 = 0.33 \text{ m}$$

$\Delta h_i = h_{fi} + h_{fexp} - cnt$ (Ecuación 18) y la carga total por H_i . $H_i = h_i + \Delta h_i$ (Ecuación 19).

$$\Delta h_i = 0.33 \text{ m} + 0.40 \text{ m} = 0.73 \text{ m}$$

$$H_i = 12.75 \text{ m} + 0.73 \text{ m} = 13.48 \text{ m}$$

Ya que la bomba es sumergible la carga de succión es igual a la carga de impulsión, por lo tanto la carga de bombeo es la misma, a continuación se presenta la potencia requerida para la bomba:

$$H_s = H_i$$

$$H_b = 13.48 \text{ m}$$

Por lo tanto, la potencia de la bomba queda definida por:

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76 \eta} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$P_b = \frac{43.70 \text{ l/s} * 13.48 \text{ m}}{76 * 0.60} = 12.92 \text{ HP} \approx 15 \text{ HP}$$

Debido a que no existen en el mercado bombas de 12.92 HP, tomamos el inmediato superior, que es de 15 HP, y para cumplir con el coeficiente de seguridad del 150%, para esta estación de bombeo tendremos dos bombas de 7.5 HP y una en reserva de la misma capacidad.

Cálculo del golpe de ariete y la sobrepresión ejercida en la tubería del 20% (Rodríguez, 2001).

El cálculo de golpe de ariete está dado por:

$$\Delta H_i = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{K a \cdot D}{E t \cdot e}}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde, la velocidad queda definida por:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.25 \text{ m})^2} = 0.81 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$\Delta H_i = \frac{145 (0.81)}{\sqrt{1 + \frac{(20738)(25)}{(2,100,000)(0.93)}}} = 104.41 \text{ m}$$

La sobrepresión ejercida por el golpe de ariete, el 80% la reciben las válvulas aliviadoras de presión y el 20% la tubería (Rodríguez, 2001), por tanto:

$$H_s = \Delta H_i * 20\% \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$H_s = 104.41 \text{ m} * 20\% = 20.88 \text{ m}$$

Por lo tanto, la carga de trabajo normal a la que estará sometida la tubería será:

$$\Delta H = h_i + \Delta h_i + H_s \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$\Delta H = 12.75 \text{ m} + 0.72 \text{ m} + 20.88 \text{ m} = 34.35 \text{ m}$$

$$\Delta H = 3.44 \text{ kg/cm}^2$$

Dada la carga de trabajo de la tubería, y considerando la sobrepresión por el golpe de ariete, se utilizará tubería de acero al carbón clase A53 puesto que la carga de trabajo de esta clase de tubería es de 860 metros, mayor que la de 34.35 metros.

4.6.3. Cálculos hidráulicos para tubería de descarga en 10 pulgadas para el cárcamo 2

En el Tabla 28, se presenta el resumen de longitudes equivalentes de los accesorios de la sarta de succión de la bomba.

Tabla 28: Resumen de longitud equivalente de sarta de succión

Accesorios en 10"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Válvula compuerta	1	1.7	1.7
Codo 45 grados	1	3.8	3.8
Total	3		5.50

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y carga de succión, en la cual tomaremos como eje de referencia el eje de la bomba (ver Figura 15), por lo tanto:

$$Longitud\ de\ tubería\ de\ succión = 6 * D_{succión} = 6 * 0.25\ m = 1.50\ m$$

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{real} = 1.50\ m + 5.50\ m = 7.00\ m$$

Para el cálculo de pérdidas de energía debido a una contracción súbita se toma en cuenta la relación entre los diámetros y la velocidad de entrada en la reducción, y así determinar el coeficiente de resistencia por contracción (ver Tabla 8):

$$\frac{D_1}{D_2} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$\frac{10''}{5''} = 2''$$

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V_2 = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.13 \text{ m})^2} = 3.01 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el coeficiente de resistencia por contracción súbita según la Tabla 8 es:

$$K = 0.36$$

Las pérdidas de energía por contracción súbita se obtienen de la siguiente formula:

$$hf_{cnt} = K \left(\frac{V_2^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$hf_{cnt} = 0.36 \left(\frac{3.01^2}{2g} \right) = 0.17 \text{ m}$$

Cálculo de altura de succión de la bomba:

$$hf = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$hf_s = 10.675 \left(\frac{0.04 \text{ m}^3/\text{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.25^{-4.871} * 7.02 = 0.02 \text{ m}$$

Donde las pérdidas totales en la succión está dada por Δh_s .

$$\Delta h_s = hf_s + hf_{exp-cnt} \quad (\text{Ecuación 16})$$

$$\Delta h_s = 0.02 + 0.17 = 0.19 \text{ m}$$

Siendo definida la carga de la succión por H_s igual a las pérdidas totales en la succión, debido a que se tomó como eje de referencia el eje mismo de la bomba, las pérdidas totales son:

$$H_s = \Delta h_s$$

$$H_s = 0.19 \text{ m}$$

En el Tabla 29, se presenta el resumen de longitud equivalente, según accesorios de sarta de descarga.

Tabla 29: Resumen de longitud equivalente de sarta de descarga

Accesorios en 10"	Cantidad	Longitud equivalente	Total (m)
Codo 90 grados	1	5.5	5.5
Medidor	1	43	43
Válvula check	1	32	32
Válvula compuerta	1	1.7	1.7
Codo 45 grados	2	3.8	7.6
Total	6		89.80

Fuente: Elaboración Propia

Para el cálculo de pérdidas de energía debido a una expansión súbita se toma en cuenta la relación entre los diámetros y la velocidad de salida en la reducción y así determinar el coeficiente de resistencia por expansión (Tabla 7).

$$\frac{D_2}{D_1} \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\frac{10''}{4''} = 2.5''$$

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V_1 = \frac{4 \left(0.04 \frac{m^3}{s} \right)}{\pi(0.15 \text{ m})^2} = 2.26 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4 \left(0.04 \frac{m^3}{s} \right)}{\pi(0.25 \text{ m})^2} = 0.81 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el coeficiente de resistencia por expansión súbita según la Tabla 7 es $K = 0.73$.

Las pérdidas de energía por expansión súbita se obtienen de la siguiente formula:

$$hf_{exp} = K \left(\frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (\text{Ecuación 8})$$

$$hf = 0.73 \left(\frac{0.81^2}{2g} \right) = 0.02 \text{ m}$$

A continuación se presentan los cálculos de longitudes reales y carga de impulsión para la bomba:

$$L_{real} = L_{tub} + L_e \quad (\text{Ecuación 11})$$

$$L_{real} = 3300 \text{ m} + 89.80 \text{ m} = 3389.80 \text{ m}$$

A continuación se presenta el cálculo de las pérdidas en la línea de conducción de la bomba:

$$hf = 10.675 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real} \quad (\text{Ecuación 12})$$

$$hf_i = 10.675 \left(\frac{0.04 \frac{m^3}{s}}{130} \right)^{1.852} * 0.25 \text{ m}^{-4.871} * 3389.80 = 9.71 \text{ m}$$

$\Delta h_i = h_{fi} + h_{fexp-cnt}$ (Ecuación 18) y la carga total por H_i . $H_i = h_i + \Delta h_i$ (Ecuación 19).

$$\Delta h_i = 9.71 + 0.02 = 9.73 \text{ m}$$

$$H_i = 54.45 \text{ m} + 9.73 \text{ m} = 64.18 \text{ m}$$

La altura de bombeo está definida por la siguiente formula:

$$H_b = H_s + H_i = 0.19 \text{ m} + 64.18 \text{ m} = 64.37 \text{ m}$$

A continuación se presenta el cálculo de potencia de la bomba mediante la siguiente formula:

$$P_b = \frac{Q_b H_b}{76 \eta} \quad (\text{Ecuación 23})$$

$$P_b = \frac{43.70 \text{ l/s} * 64.37 \text{ m}}{76 * 0.85} = 43.54 \text{ HP} \approx 50 \text{ HP}$$

Debido a que no existen en el mercado bombas de 43.54 HP, tomamos el inmediato superior de 50 HP, y para cumplir con el coeficiente de seguridad del 150% para esta estación de bombeo tendremos dos bombas de 25 HP y una en reserva de la misma capacidad.

El cálculo de golpe de ariete está dado por:

$$\Delta H_i = \frac{145 V}{\sqrt{1 + \frac{K a D}{E t e}}} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde, la velocidad queda definida por:

$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \quad (\text{Ecuación 34})$$

$$V_2 = \frac{4(0.04 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi(0.25 \text{ m})^2} = 0.81 \text{ m/s}$$

Por tanto:

$$\Delta Hi = \frac{145(0.81)}{\sqrt{1 + \frac{(20738)(25)}{(2,100,000)(0.93)}}} = 104.41 \text{ m}$$

La sobrepresión ejercida por el golpe de ariete, el 80% la reciben las válvulas aliviadoras de presión y el 20% la tubería (Rodríguez, 2001), por tanto:

$$H_s = \Delta Hi * 20\% \quad (\text{Ecuación 35})$$

$$H_s = 104.41 \text{ m} * 20\% = 20.88 \text{ m}$$

Por lo tanto la carga de trabajo normal a la que estará sometida la tubería será:

$$\Delta H = h_i + \Delta h_i + H_s \quad (\text{Ecuación 36})$$

$$\Delta H = 54.45 \text{ m} + 9.73 \text{ m} + 20.88 \text{ m} = 85.06 \text{ m}$$

$$\Delta H = 8.51 \text{ kg/cm}^2$$

Dada la carga de trabajo de la tubería y considerando la sobrepresión por el golpe de ariete se utilizará tubería de acero al carbón clase A53 ya que la carga de trabajo de esta clase de tubería es de 860 metros, mayor que la de 85.06 metros.

A continuación en los Tabla 30 y Tabla 31, se muestran los resúmenes de las potencias calculadas para los cárcamos 1 y 2.

Tabla 30: Resumen de potencias de bombas para el cárcamo 1

Diámetro de sarta de descarga	Presión ejercida en la tubería		Potencia real del equipo	Potencia comercial disponible	Potencia por número de unidades
	Pulgadas	Metros			
6	75.56	7.56	15.29	20	10HP por 3 unid.
8	47.11	4.71	13.46	15	7.5HP por 3 unid.
10	34.35	3.44	12.92	15	7.5HP por 3 unid.
12	27.91	2.79	12.78	15	7.5HP por 3 unid.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Resumen de potencias de bombas para el cárcamo 2

Diámetro de sarta de descarga	Presión ejercida en la tubería		Potencia real del equipo	Potencia comercial disponible	Potencia por número de unidades
	Pulgadas	Metros			
6	230.11	23.01	115.46	125	75HP por 3 unid.
8	116.28	11.63	56.42	60	30HP por 3 unid.
10	85.06	8.51	43.54	50	25HP por 3 unid.
12	73.22	7.32	39.80	40	20HP por 3 unid.

Fuente: Elaboración Propia

4.6.4. Cálculos económicos para la selección de tubería de distribución y equipo de bombeo para el cárcamo 1

El consumo de energía eléctrica para un año se determinó para una potencia de 7.5 HP debido a que, con las condiciones de operación para una tubería de descarga en 6", como lo establece la norma NTON 09 003-99, no existe en el mercado un equipo que supla los requerimientos, por lo tanto:

$$1HP = 0.7457 Kw/H \quad (\text{Ecuación 39})$$

$$E = 7.5HP * 0.7457Kw/H * 8760 H/Año = 48,992.49 Kw \text{ por año}$$

Por consiguiente, el costo anual del consumo energético está definido por:

$$E_{Ca} = E (\text{Kw por año}) * \text{Tasa de consumo energetico } C\$/Kw \quad (\text{Ecuación 40})$$

Donde:

E: Consumo eléctrico

E_{Ca}: Costo anual de consumo energético (Energía, 2019).

$$E_{Ca} = 48,992.49 Kw \text{ por año} * 6.3999 C\$/Kw = C\$ 313,547$$

Por tanto, convirtiendo a dólares, según la tasa de cambio oficial del Banco Central de Nicaragua para el 01 de agosto del 2019 es:

$$E_{Ca} = C\$ 313,547.04 * \left(\frac{US\$ 1}{C\$ 33.2642} \right) = US\$ 9,425.96$$

Suponiendo que el capital deberá de recuperarse a una tasa de interés del 10% en el período del proyecto (20 años) el coeficiente de anualidad se obtiene de la siguiente formula:

$$a = r + \frac{r}{(1+r)^n - 1} \quad (\text{Ecuación 41})$$

Donde:

a: coeficiente de anualidad.

r: interés anual.

n: años para reembolsar el dinero.

Por tanto el coeficiente de anualidad es:

$$a = 0.10 + \frac{0.10}{(1 + 0.10)^{20} - 1} = 0.12$$

El producto de multiplicar el coeficiente de anualidad calculado los costos totales de adquisición e instalación de los equipos (equipos de bombeo, tubería de conducción y mano de obra por instalación), por lo cual:

$$\text{Anualidad} = a * (\text{monto de equipo} + \text{tubería} + \text{mano de obra}) \quad (\text{Ecuación 42})$$

$$\text{Anualidad} = 0.12 * \text{US } \$ 89,235.24 = \text{US } \$ 10,708.23$$

4.6.5. Cálculos económicos para la selección de tubería de distribución y equipo de bombeo para el cárcamo 2

El consumo de energía eléctrica para un año se determinó para una potencia de 40 HP debido a que, con las condiciones de operación para una tubería de descarga en 6", como lo establece la norma NTON 09 003-99, no existe en el mercado un equipo que supla los requerimientos, por lo tanto:

$$1\text{HP} = 0.7457 \text{ Kw/H} \quad (\text{Ecuación 39})$$

$$E = 40\text{HP} * 0.7457\text{Kw/H} * 8760 \text{ H/Año} = 261,293.28 \text{ Kw por año}$$

Por consiguiente, el costo anual del consumo energético está definido por:

$$E_{Ca} = E \text{ (Kw por año)} * \text{Tasa de consumo energetico } \frac{C\$}{Kw} \quad (\text{Ecuación 40})$$

Donde:

E: Consumo eléctrico

E_{Ca} : Costo anual de consumo energético (Energía, 2019).

$$E_{Ca} = 261,293.28 * C\$ 6.3999 \text{ C\$/Kw} = C\$ 1,672,250.86$$

Por tanto, convirtiendo a dólares, según la tasa de cambio oficial del Banco Central de Nicaragua para el 01 de agosto del 2019 es:

$$E_{Ca} = C\$ 1,672,250.86 * \left(\frac{US\$ 1}{C\$ 33.2642} \right) = US\$ 50,271.79$$

El producto de multiplicar el coeficiente de anualidad calculado los costos totales de adquisición e instalación de los equipos (equipos de bombeo, tubería de conducción y mano de obra por instalación), por lo cual:

$$\text{Anualidad} = a * (\text{monto de equipo} + \text{tubería} + \text{mano de obra}) \quad (\text{Ecuación 42})$$

$$\text{Anualidad} = 0.12 * US \$ 650,731.00 = US \$ 78,087.72$$

A continuación en las Tabla 32 y Tabla 33, se muestran los resultados de los análisis económicos para los diámetros y equipos ofertados.

Es necesario aclarar que, para el diámetro de 6" (como resultado de la norma NTON 09 003-99), no se ofertó equipo de bombeo, debido que, no se encontró en el mercado, equipos que cumplieran con los requerimientos del sistema (caudal y carga).

Tabla 32: Análisis económico de equipos de bombeo cárcamo 1

Diámetro de descarga (pulgadas)	Potencia de bomba (HP)	Costos de Adquisición e instalación		Mano obra (US \$)	de Anualidad (US \$)	Mantenimiento (US \$)	Consumo energético (US \$)	Costo total anual (US \$)
		Bombas (US \$)	Tubería (US \$)					
8	7.5	25,389.24	43,530.00	20,316.00	10,708.23	761.68	9,425.96	20,895.87
10	7.5	25,389.24	54,492.00	26,316.00	12,743.67	761.68	9,425.96	22,931.31
12	7.5	25,389.24	76,355.00	32,316.00	16,087.23	761.68	9,425.96	26,274.87

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Análisis económico de equipos de bombeo cárcamo 2

Diámetro de descarga (pulgadas)	Potencia de bomba (HP)	Costos de Adquisición e instalación		Mano obra (US \$)	de Anualidad (US \$)	Mantenimiento (US \$)	Consumo energético (US \$)	Costo total anual (US \$)
		Bombas (US \$)	Tubería (US \$)					
8	40	43,230.00	240,499.00	367,002.00	78,087.72	1,296.90	50,271.79	129,656.41
10	30	31,890.00	333,533.00	369,002.00	88,131.00	956.70	37,703.84	126,791.54
12	25	27,495.00	437,466.00	369,002.00	100,075.56	824.85	31,419.87	132,320.28

Fuente: Elaboración Propia

Los costos por mantenimiento preventivo pueden variar según el tipo de equipo de bombeo, marca modelo y potencia, costos que deben ser considerados como constantes durante la vida útil del equipo. Se ha establecido como factor base de mantenimiento preventivo de un 3% del costo de adquisición de los equipos de bombeo (Vado, 2009).

En la Tabla 32 se presentan los resultados de los análisis comparativos para los diámetros analizados (8", 10" y 12") para los costos anuales de operación del equipo de bombeo para el cárcamo 1, de los cuales se seleccionó el diámetro de 8" con un costo anual de US \$ 20,895.87, menor un 9.74% que los costos anuales de operación si se utiliza un diámetro en 10" y un 25.74% si se utiliza un diámetro de 12".

En la Tabla 33 se presentan los resultados de los análisis comparativos para los diámetros analizados (8", 10" y 12") para los costos anuales de operación del equipo de bombeo para el cárcamo 2, de los cuales se seleccionó el diámetro de 10" con un costo anual de US \$ 126,791.54, menor un 2.26% que los costos anuales de operación si se utiliza diámetro en 8" y un 4.36% si se utiliza un diámetro de 12".

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Al finalizar este estudio, se concluye lo siguiente:

1. Según los resultados del diseño hidráulico del sistema, la dotación de consumo de agua para la población de San Carlos, es de 43.7 l/s. En el cual, se tendrá que disponer de dos cárcamos de bombeo para la recolección de las agua, ubicadas antes y después de la planta de tratamiento.
2. En base a los análisis de aguas crudas, se concluye que, la fuente de abastecimiento, presenta de forma general, parámetros por debajo de lo requerido por la NTON 09 003-99 para los valores de sustancias inorgánicas de significado para la salud, sin embargo, en la parte biológica presentaba coliformes fecales de 13 NMP/100ml y coliformes totales de 17 NMP/100ml, por tanto, es necesario utilizar un tratamiento riguroso en la parte biológica para su uso potable de manera segura.
3. Los análisis posteriores al tratamiento cumplen a cabalidad con los parámetros establecidos por la NTON 09 003-99, por tanto se concluye que el tratamiento ha sido satisfactorio y que el agua es segura para el consumo humano.
4. Según la norma NTON 09 003-99 se puede utilizar un diámetro máximo de 6" para un caudal de 43.7 l/s, el cual no cumple con los requerimientos hidráulicos debido a que se requiere un equipo de bombeo que pueda elevar el fluido a una altura superior a 170.68 m.c.a, exigencias que no cumple ninguna de las bombas encontradas en el mercado.
5. El análisis de los costos totales de operación de bombeo y considerando las pérdidas hidráulicas para el cárcamo 1 los diámetros de 8", 10" y 12", dio como resultado que el diámetro de 8" es el más económico con un monto de US \$ 20,895.87, menor un 9.74% Y 25.74% que los diámetros de 10" y 12" respectivamente, valores determinados por la diferencia de consumo de energía y costo de adquisición e instalación de tubería.
6. El análisis de los costos totales de operación de bombeo y perdida hidráulicas para el cárcamo 2, considerando los diámetros de 8", 10" y 12", dio como

resultado un diámetro de 10" siendo el más económico con un monto de US \$ 126,791.54, menor un 2.26% y 4.36% que los diámetros de 8" y 12" respectivamente, valores determinados por la diferencia de consumo de energía, costos de adquisición e instalación de equipos y costos de adquisición e instalación de tubería.

5.2. Recomendaciones

Al finalizar el estudio se recomienda lo siguiente:

1. Realizar mantenimiento preventivo a cada equipo de bombeo, cada 6 meses por un período de 5 años de utilidad del equipo, y posteriormente cada 3 meses.
2. Adquirir una bomba de limpieza para el cárcamo 1, debido a que, el alto contenido de sólidos disueltos presentes en la fuente de agua, tienden a sedimentarse en las paredes y el fondo del cárcamo, generando un riesgo de atasco y desgaste prematuro en los impulsores de las bombas.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- AGUASISTEC. (15 de 07 de 2018). *Producto de tratamiento de aguas residuales*.
Obtenido de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-agua-potable.php>
- Alcantarillados, I. N. (s.f.). *Normas Técnicas Para el Diseño de Abastecimiento de Agua Potable*. Managua.
- Almiron. (s.f). *El agua como elemento vital en el desarrollo del Hombre*.
- Anónimo. (2004). *Determinación de Metales Pesados en Aguas por Voltamperometría de Resíduos*.
- Anonimo. (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo para agua potable*. Lima.
- Aqua Corp. (2010). *Operación de la bomba*.
- Chan. (2012). *Metodos del almacenamiento del agua*. Guatemala.
- Ciencia y Sociedad República Dominicana. (2004). *Determinación de metales Pesados en Agua y Sedimentos del Río Haina*. República Dominicana.
- Comision Nacional del Agua. (2007). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saniamiento*. (S. d. Naturales, Ed.)
- Comisión Nacional del Agua. (2009). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. (S. d. Naturales, Ed.) México, México. Obtenido de www.conagua.gob.mx
- CONDORCHEM ENVITECH, S.L. (2018). *Historia sobre el tratamiento del agua potable*. Recuperado el 05 de Abril de 2018, de <https://blog.condorchem.com> (Comisión Nacional del Agua, 2009)/historia-sobre-el-tratamiento-del-agua-potable/
- ENACAL. (2016). *Memoria de cálculo hidráulico para la planta de tratamiento de agua potable en la ciudad de San Carlos*. Managua.

- ENACAL. (2016). *Revisión hidraulica del sistema - Para proyecto PTAP San Carlos*. Managua.
- ENACAL. (2018). *Análisis de Agua en la Planta de Tratamiento de Agua Potable de la Ciudad de San Carlos*. Hoja de Excel, San Carlos, Rio San Juan.
- Energía, I. N. (2019). *Tarifas Energéticas Actualizadas a Entrar en Vigencia el 1 de Julio 2019 para Bombeo Comunitario*. Managua.
- Espitia, M. Á. (2012). *Proyecto mecánico de la estación de bombeo PB1 del acueducto Zapotillo-Altos de Jalisco-León, México*. León, México.
- Franmarsifones.blogspot.com/*. (27 de Julio de 2019). Obtenido de *Franmarsifones.blogspot.com/*:
<http://fransifones.blogspot.com/2008/03/teora-del-sifn.html>
- Grundfos. (s.f). *Manual de bombeo de aguas residuales*.
- Instituto de Ingenieria Sanitaria y Ambiental. (s.f). *Estaciones de bombeo*.
- Instituto Nacional de Informacion de Desarrollo . (2008). *San Carlos en cifras*. Managua.
- Instituto Nicaraguense de Acueductos y Alcantarillados. (s.f). *Normas tecnicas para el diseño de abastecimiento y potabilizacion del agua*.
- LENNTECH. (2018). *Introducción Desinfección del Agua*. Recuperado el 05 de Abril de 2018, de <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/introduccion/introduccion-desinfeccion-agua.htm>
- Mott, R. L. (2006). *Macánica de Fluidos*. México: PEARSON Educación de México, S.A de C.V.
- Rodriguez. (2001). *Abastecimineto de agua*. Oaxaca.
- Silvac. (2002). *Capital hidrico y uso del agua Nicaragua*. Nicaragua.

- Universidad Autonoma de Mexico. (2012). *Proyecto Mecanico de la Estacion de Bombeo PB1 del Acueducto el Zapotillo-Altos de Jalisco-Leon, Mexico*. Mexico.
- Universidad Nacional Autónoma de Mexico. (2013). *Tratamiento de Aguas*. México, México.
- Vado. (2009). *Estudio de factibilidad del sistema de agua potable del ciudad de San Carlos, departamento de Rio San Juan*. Managua.
- Valencia, L. H. (2011). *Manual de Operación de la Estación Total*.
- Valverde, B. A. (2017). *Propuesta de Diseño Hidraulico a Nivel de Prefactibilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable de la Comunidad "Los López", Municipio de Villa El Carmen, Departamento de Managua*. Managua.
- Vargas, D. (2004). *Tratamiento de Agua para Consumo Humano* . Lima.

VII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis de turbidez de agua



LAQUISA
Instituto Químico
C.I.U. 2563/0954-2560

LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: SIAFA
Dirección: Vía de Empedrado 154, Leñas
Nombre muestra: Muestra de Agua I
Descripción muestra: Agua

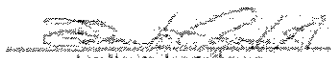
Lugar muestreo: Lago de Miraflores
Municipio: San Carlos
Fecha muestreo: 06/03/2016

Fecha ingreso: 06/03/2016
Muestra en g/l: 0.0010

Número de muestra:

Análisis	Unidad	Resultado
Turbidez	UNT	27.7

LAQUISA es responsable de la exactitud de la información de la que es responsable.
Para la representación de esta información deberá estar en un nivel de confianza del 95%.


Lic. Héctor Zapata
Químico General




Lic. Indira Lucía Acosta López
Responsable de Agua

Rm. 03, Carretera Unión - Miraflores
Apartado 154 - E-mail: laquisa@quimicos.com
Leñas, Miraflores

Página 1 de 1

Anexo 2: Análisis de sustancias no deseadas – parte 1



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA
Calle Juan B. Guzmán
2300-2502 León, Gto. 23021

LABORATORIOS QUIMICOS, S. A. LAQUISA

INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: SIASA
Dirección: Vialidad de Empresa Hidráulica S.A.
Número de muestra: M1-Lago de Silmaragua
Designación muestra: Agua

Lugar muestreo: Sector La Milca
Municipio: León
Fecha muestreo: 08/09/2016

Fecha ingreso: 08/09/2016
Bil. Laboratorio: Ag-002-16
Número de muestra: 1

Fecha informe: 08/09/2016
Muestreado por: Cárdenas

Análisis	Unidad	Resultado
pH	mg/l	8.29
Dureza	mg/l	184
Cloruro	mg/l	17.10
Nitrito	mg/l	0.87
Cloruro amoniacal	mg/l	<2.4
Ammonio	mg/l	102.39
Sulfato	mg/l	16.04
Cincoval	mg/l	27.20
Sextaval	mg/l	0.005
Sulfuro	mg/l	1.44
Cianuro	mg/l	0.56
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	71.33
Fluoruro	mg/l	0.47
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	12.34

Este informe es propiedad de la institución responsable de la muestra analizada.
Para cualquier aclaración o duda, referirse al laboratorio en el número de muestra por el Q.0110.

Dr. de la Ing. Lucía Socasa López
Analista de Agua



C.E. Felipe Zúñiga León Cañilla
Responsable Técnico

Página 1 de 4

Km. 183, Carretera León - Morelia
Apuñado 154 - Local: Laquisa Química León
León, Morelia

Anexo 3: Análisis de sustancias no deseadas – parte 2



LAQUISA

Teléfono Oficina
2310-2522/8654-2590

LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA

INFORME DE ANALISIS

Cliente: SAMS
Dirección:
Nombre muestra: M. Lago de Nicaragua
Descripción muestra: Agua

Lugar muestra: Sector La Man
Municipio: Jinotega
Fecha muestreo: 05/10/2016

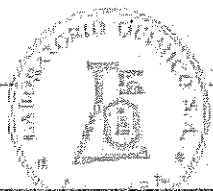
Fecha impresión: 09/02/2016
Rec. Laboratorio: 06/03/16
Número de informe:

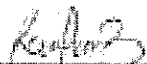
Fecha informe: 24/02/2016
Mostrado por: Lic. Dennis Zapata Arias

Análisis	Unidad	Resultado
Aluminio	mg/l	<1.0
CO ₂	mg/l	<1.0
Cromo	mg/l	<1.0
Cobalto	mg/l	<1.0
Hierro	mg/l	<1.0
Níquel	mg/l	<1.0
Cadmio	mg/l	<1.0
Cianuro	mg/l	<1.0
Mercurio	mg/l	<1.0
Molibdeno	mg/l	<1.0
Plata	mg/l	<1.0
Plomo	mg/l	<1.0
Selenio	mg/l	<1.0

Este informe es válido de acuerdo a los estándares de la normativa nacional.
Para mayor información consulte nuestra página web: www.laquisa.com.ni


Lic. Edgardo López Acosta López
Recp. de Agua




Lic. Dennis Zapata Arias
Responsable de Laboratorio

Página 1 de 8

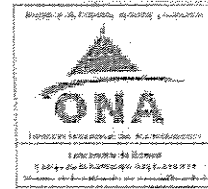
Km. 03, Carretera Inter - Amagosa
Apurizado 154 - Esmeraldas, Carretera Inter - Amagosa
León, Nicaragua

Anexo 4: Análisis de pH y conductividad eléctrica



LABORATORIOS QUIMICOS, S.A.
LAQUISA

LABORATORIOS QUIMICOS, S.A.
LAQUISA



INFORME DE ANÁLISIS

Cliente: SIASA
 Dirección: Vialidad Empressa 00/000000
 Nombre construye: M. J. López de Niessapán
 Descripción muestra: Agua

Lugar muestra: Sector La Mesa
 Municipio: Matamoros
 Fecha muestra: 06/12/2010

Código ingreso: 00 002010
 Ref. laboratorio: AQ 010-10
 Número de muestra:

Fecha informe: 22/02/2011
 Muestra en par: Libre

Análisis	Metodología referencial	Unidad	Resultado
pH	APENDICE 4300-010	-	7.09
Conductividad eléctrica	APENDICE 2500-010	µS/cm	100

El Q. J. López de Niessapán es responsable de la muestra y de los datos de identificación de la muestra.
 El Q. J. López de Niessapán es responsable de la muestra y de los datos de identificación de la muestra.
 El Q. J. López de Niessapán es responsable de la muestra y de los datos de identificación de la muestra.

Q. J. López de Niessapán
 Muestra de Agua

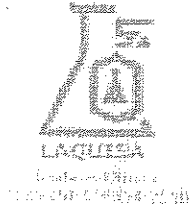


Q. J. López de Niessapán
 Responsable Técnico

Este informe deberá ser devuelto de lo contrario no será válido. Emitido en Matamoros, Tamaulipas, México el día 22 de febrero de 2011.

Q. J. López de Niessapán
 Responsable Técnico
 Matamoros, Tamaulipas, México

Anexo 5: Análisis sustancias perjudiciales para la salud



LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
LAQUISA

INFORME DE ANALISIS

Cliente: SIASA

Lugar de muestreo: Sector La Mica

Dirección: Vía de Empresas Módulo # 6

Municipio: ...

Número muestra: M2 - Lago de Nicaragua

Fecha muestreo: 19/04/2016

Fecha de ingreso: 30/04/2016

Fecha de informe: 13/05/16

Ref. laboratorio: Ag-0520-16

Muestreado por: Cliente

Número de muestras:

Análisis	Unidad	Resultado
Arsenico	µg.L ⁻¹	< ld
Plomo	µg.L ⁻¹	< ld
Cadmio	µg.L ⁻¹	< ld
Cobres	µg.L ⁻¹	< ld
Mercurio	µg.L ⁻¹	< ld

LAQUISA, es responsable de la exactitud del resultado de los ensayos realizados.

Para la reproducción de este informe deberá haber un acuerdo autorizado por LAQUISA.


 Lic. Heriberto Peña Abrego
 Gerente General




 Lic. Domingo de la Cruz López
 Responsable de Agua

Fin. SA. Compañía S.A. - Nicaragua
 Apartado 159 - P.O. Box 159
 Carre. Managua

Anexo 6: Análisis de coliformes totales y fecales



LAQUISA
 Ingeles Dilema
 2375-2533/8854-2350

**LABORATORIOS QUIMICOS, S. A.
 LAQUISA**


INFORME DE ANÁLISIS


Cliente: SIASA
Dirección: Vivero de Empresa Módulo # 6
Nombre muestra: MD-Lago de Nahuatzen
Descripción muestra: Agua
Fecha ingreso: 08/02/2016
Ref. Laboratorio: BQ-0162-16
Número de muestra:


Lugar muestreo: Sión La Mian
Municipio:
Fecha muestra: 06/02/2016
Fecha Informe: 18/02/2016
Muestreo por: Cliente

Análisis	Unidad	Resultado
Coliformes Totales	NMP/100ml	0
Coliformes Fecales	NMP/100ml	0

*LAQUISA no garantiza la exactitud de los resultados de los ensayos realizados.
 Para la exactitud de este informe de análisis debe ser emitido en el laboratorio LAQUISA.*


 Lic. Benito Zapata García
 Encargado General




 Lic. María Guadalupe Jirón Carrillo
 Responsable Técnica

Página 5 de 8

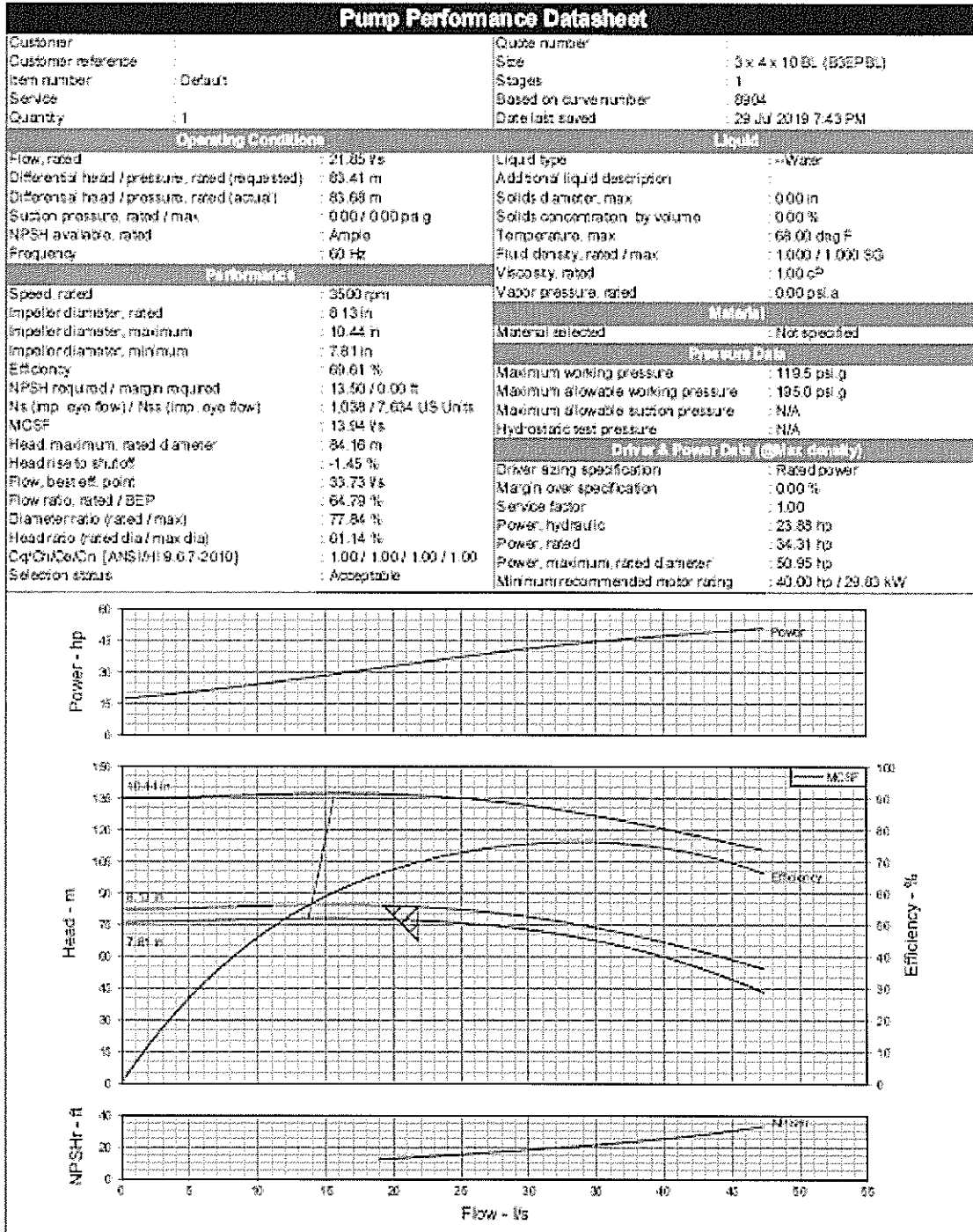
Km. 82, Carretera León - Morelia
 C.P. 58000, Michoacán, México

Anexo 7: Curva característica de bomba centrífuga – 40HP



BERKELEY

Pentair Electronic Catalog



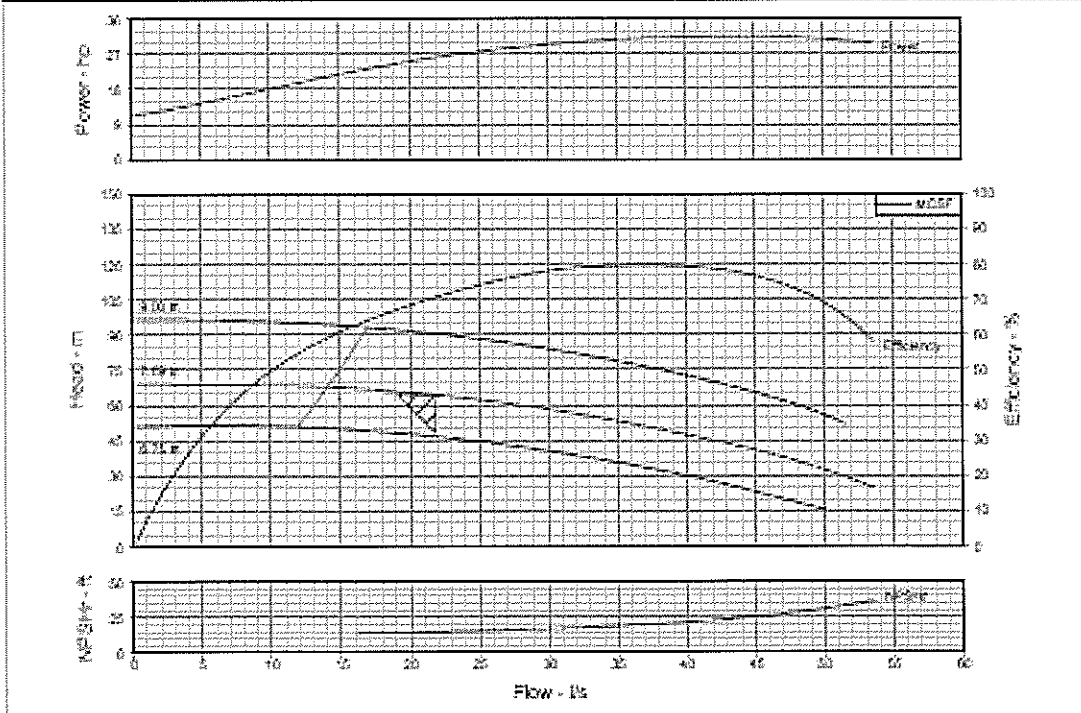
Anexo 8: Curva característica de bomba centrífuga – 30HP



BERKELEY™

Pentair Electronic Catalog

Pump Performance Datasheet			
Customer		Liquid material	
Customer reference		Size	3 x 4 x 41 (832PL)
Item number	Default	Steps	1
Service		Based on curve number	5008
Quantity	1	Date last saved	29 Jul 2019 8:02 PM
Operating Conditions		Liquid	
Flow, rated	27.85 l/s	Liquid type	Water
Differential head / pressure, rated (requested)	64.37 m	Additional liquid description	
Differential head / pressure, rated (actual)	64.02 m	Solids diameter, max	0.05 in
Suction pressure, rated / max	0.00 / 0.00 psi / g	Solids concentration, by volume	0.00 %
NPSH available, rated	Accept	Temperature, max	68.00 deg F
Frequency	60 Hz	Fluid density, rated / max	1.000 / 1.000 kg
		Viscosity, rated	1.00 cP
		Vapor pressure, rated	0.05 psi / g
Performance		Material selected	
Speed, rated	3550 rpm	Material selected	Not specified
Impeller diameter, rated	7.89 in		
Impeller diameter, maximum	9.00 in		
Impeller diameter, minimum	6.75 in		
Efficiency	70.58 %		
NPSH required / margin required	14.50 / 0.00 ft		
Max (imp. eye flow) / flow (imp. eye flow)	1.513 / 8,870 US GPM		
MOP	14.08 l/s		
Head, maximum, rated diameter	65.58 m		
Head rise to shutoff	8.52 %		
Flow, best eff. point	37.18 l/s		
Flow rate, rated / BEP	58.78 %		
Diameter ratio (rated / max)	85.42 %		
Head ratio (rated dia / max dia)	71.04 %		
CarQtoCarQm (ANSI/ISO 9906-2012)	1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00		
Station status	Acceptable		
Pressure Data		Driver & Power Data (at 100% density)	
		Driver sizing specification	Rated power
		Margin over specification	0.00 %
		Service factor	1.00
		Power, hydraulic	18.43 hp
		Power, rated	28.12 hp
		Power, maximum, rated diameter	31.54 hp
		Minimum recommended motor rating	30.00 hp / 22.37 kW



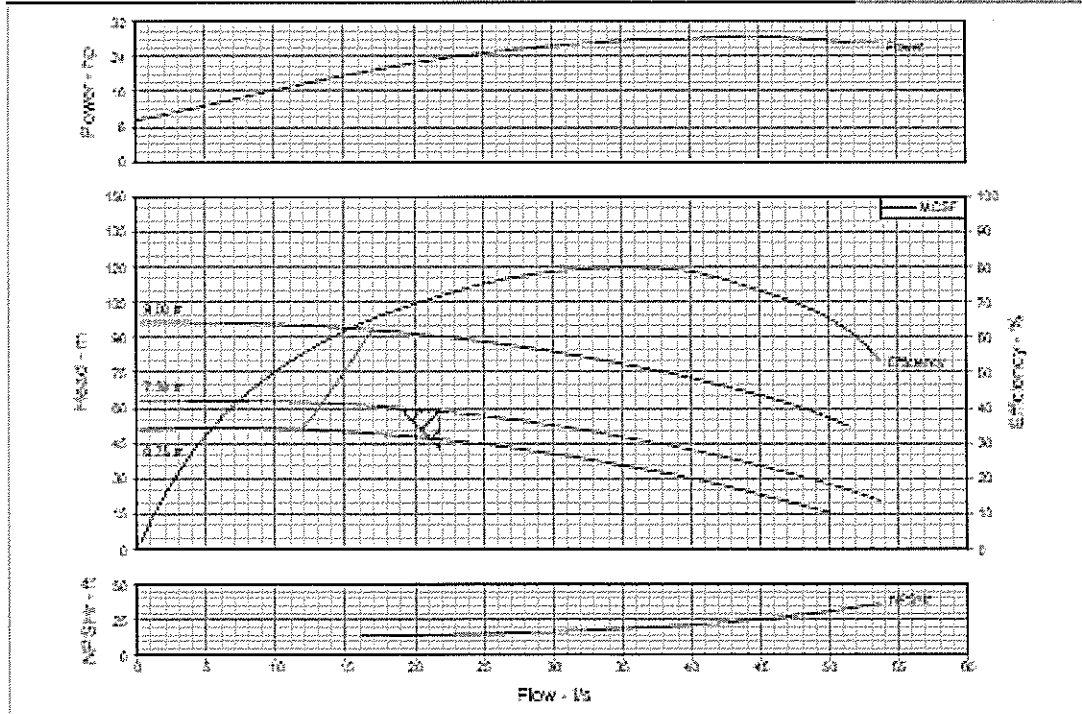
Anexo 9: Curva característica de bomba centrífuga – 25HP



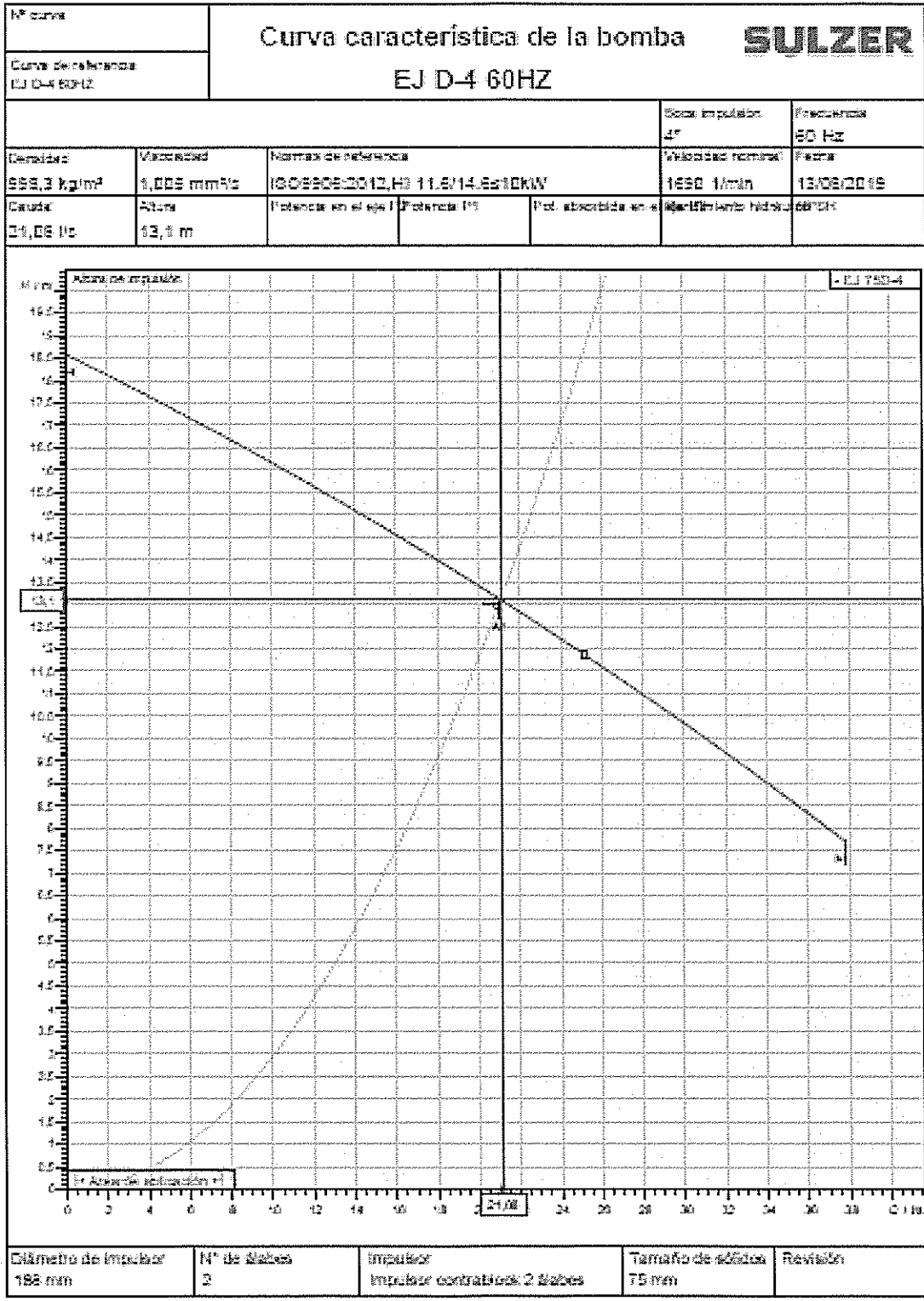
BERKELEY

Pentair Electronic Catalog

Pump Performance DataSheet			
Customer		Model number	
Customer reference		Size	3 x 4 x 4 L (H32PL)
Item number	Default	Stages	1
Service		Based on curve number	5006
Quantity	1	Date last saved	29 Jul 2010 8:05 PM
Operating Conditions		Liquid	
Flow, rated	21.65 l/s	Liquid type	-Water
Differential head / pressure, rated (maximum)	52.54 m	Additional liquid description	
Differential head / pressure, rated (actual)	52.56 m	Solute diameter, max	0.05 in
Suction pressure, rated / max	0.00 / 0.00 psi/g	Solute concentration, by volume	0.00 %
NPSH available, rated	None	Temperature, max	88.00 deg F
Frequency	60 Hz	Fluid density, rated / max	1.000 / 1.000 SG
Performance		Viscosity, rated	1.00 cP
Speed, rated	3550 rpm	Vapor pressure, rated	0.00 psi/a
Impeller diameter, rated	7.35 in		
Impeller diameter, maximum	9.00 in	Material selected	Not specified
Impeller diameter, minimum	6.75 in		
Efficiency	71.00 %	Pressure (max)	
NPSH required / margin required	14.50 / 0.00 ft	Maximum working pressure	89.25 psi/g
N _s (imp. eye flow) / max (imp. eye flow)	1.515 / 5.570 US Gals	Maximum allowable working pressure	25.0 psi/g
MOSF	13.25 l/s	Maximum allowable suction pressure	12.5
Head, maximum, rated diameter	62.85 m	Hydraulic test pressure	N/A
Head rise to shut-off	6.71 %		
Flow, best eff point	26.05 l/s	DEFLECT & CORRECTIVE CAPABILITY	
Flow ratio, rated / BEP	81.95 %	Deflect using specification	Rated power
Diameter ratio (rated / max)	81.64 %	Margin over specification	0.00 %
Head ratio (rated dia / max dia)	84.78 %	Service factor	1.00
Cur/Dn/Ca/Cn (ANSI/HI 8.7-2010)	1.00 / 1.00 / 1.00 / 1.00	Power, hydraulic	18.51 hp
Selection status	Acceptable	Power, rated	29.44 hp
		Power, maximum, rated diameter	34.57 hp
		Minimum recommended motor rating	25.00 hp / 18.64 kW



**Anexo 10: Curva característica de bomba para sólidos –
7.5HP**

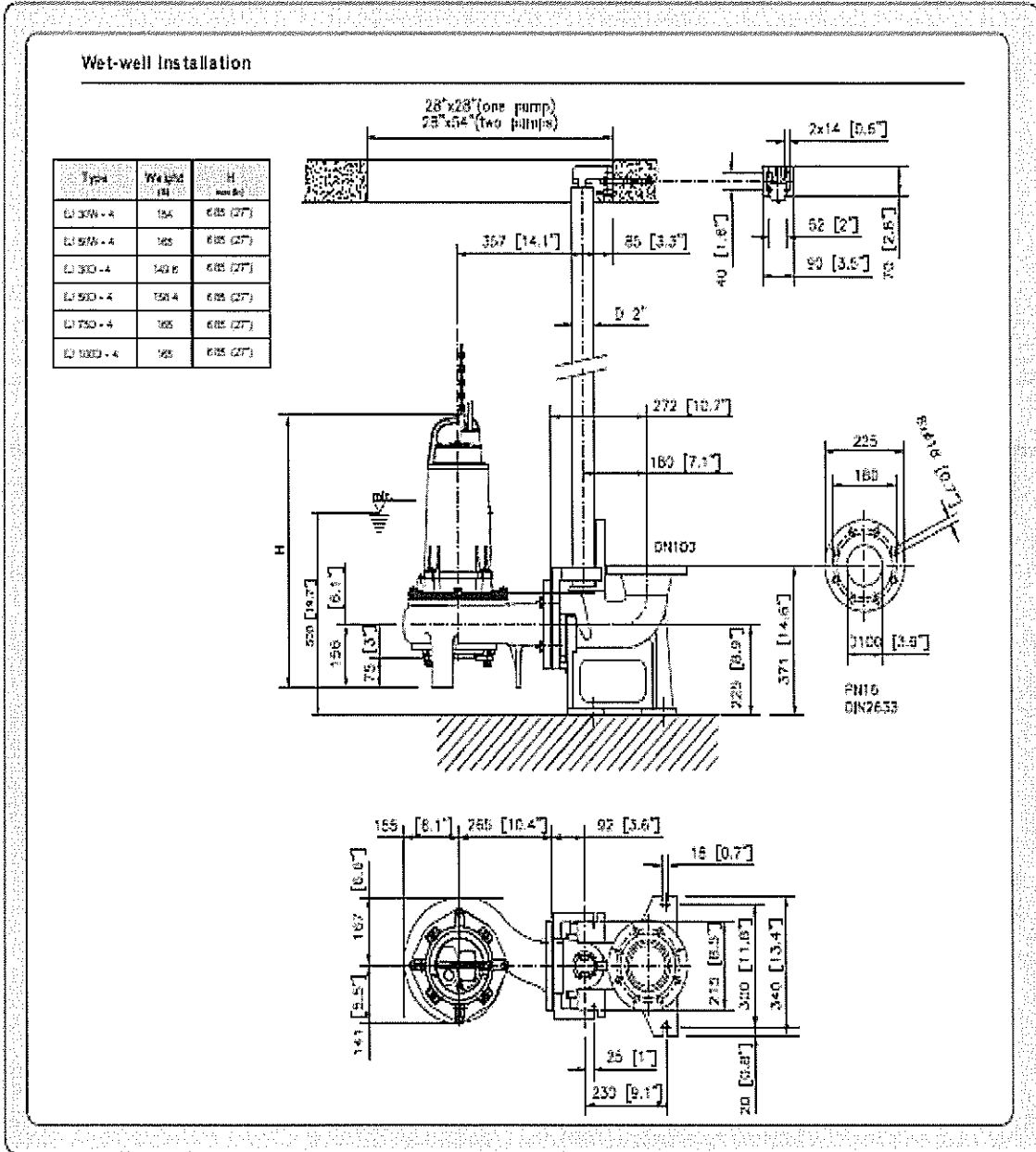


Sulzer se reserva el derecho de cambiar cualquier dato o dimensión sin notificación previa y no será responsable para el uso de información contenida en este software.

Spsoft-4, Versión 4.3.13 - 20190925 (Build 2019)
Werkstoff: steel
July 2019

Anexo 11: Dimensiones de bombeo para sólidos – Mod. EJ 75-D 4

Sewage Ejectors 4 Inch



Anexo 12: Hoja técnica de equipo para sólidos – Modelo EJ

75-D 4

Sewage Pumps

Model	HP	Phase	RPM	Voltage	Amps	Discharge	Solids Size	Max Head (feet)	Max Flow (gpm)	Weight (Lbs.)
EJ 04W	0.4	1	1750	115	6.6	2"NPT Vertical	2"	18	100	31.9
EJ 05W	0.5	1	1750	115/208-230	10.6/4.9	2"NPT Vertical	2"	24	140	35.2
EJ 07W	0.7	1	1750	115/208-230	13.8/6.9	2"Horiz. Flange*	2"	24	200	77
EJ 07D	0.7	3	1750	208-230/460,575	5.0/2.5,2.0	2"Horiz. Flange*	2"	24	200	70
EJ 10W-2	1	1	1750	208-230	10	2"Horiz. Flange*	2"	30	240	77
EJ 10D-2	1	3	1750	208-230/460,575	5.0/2.5,2.0	2"Horiz. Flange*	2"	30	240	70
EJ 15W-2	1.5	1	1750	208-230	15	2"Horiz. Flange*	2"	37	300	90
EJ 15D-2	1.5	3	1750	208-230/460,575	7.0/3.5,2.8	2"Horiz. Flange*	2"	37	300	84
EJ 10W-3	1	1	1750	208-230	10	3"Horiz. Flange	2½"	30	265	77
EJ 10D-3	1	3	1750	208-230/460,575	5.0/2.5,2.0	3"Horiz. Flange	2½"	30	265	70
EJ 15W-3	1.5	1	1750	208-230	15	3"Horiz. Flange	2½"	35	300	90
EJ 15D-3	1.5	3	1750	208-230/460,575	7.0/3.5,2.8	3"Horiz. Flange	2½"	35	300	84
EJ 20W-2	2	1	1750	208-230	19.0	2"Horiz. Flange*	2"	45	320	90
EJ 20D-2	2	3	1750	208-230/460,575	9.0/4.5,3.6	2"Horiz. Flange*	2"	45	320	84
EJ 20W-3	2	1	1750	208-230	19	3"Horiz. Flange	2½"	44	330	90
EJ 20D-3	2	3	1750	208-230/460,575	9.0/4.5,3.6	3"Horiz. Flange	2½"	44	330	84
EJ 30W-3	3	1	1750	208-230	23.0	3"Horiz. Flange	2½"	50	450	147
EJ 30D-3	3	3	1750	208-230/460,575	13.0/6.5,5.2	3"Horiz. Flange	2½"	50	450	143
EJ 30W-4	3	1	1750	208-230	23.0	4"Horiz. Flange	3"	46	525	154
EJ 30D-4	3	3	1750	208-230/460,575	13.0/6.5,5.2	4"Horiz. Flange	3"	46	525	150
EJ 50W-3	5	1	1750	208-230	27.0	3"Horiz. Flange	2½"	57	470	161
EJ 50D-3	5	3	1750	208-230/460,575	19.0/9.5,7.6	3"Horiz. Flange	2½"	57	470	154
EJ 50W-4	5	1	1750	208-230	27.0	4"Horiz. Flange	3"	52	550	165
EJ 50D-4	5	3	1750	208-230/460,575	19.0/9.5,7.6	4"Horiz. Flange	3"	52	550	158
EJ 75D-3	7.5	3	1750	208-230/460,575	23.0/11.5,9.2	3"Horiz. Flange	2½"	67	525	161
EJ 75D-4	7.5	3	1750	208-230/460,575	23.0/11.5,9.2	4"Horiz. Flange	3"	61	600	165
EJ 100D-4	10	3	1750	208-230/460,575	28.0/14.0,11.2	4"Horiz. Flange	3"	70	620	170

*includes elbow to convert to 2" Vertical NPT

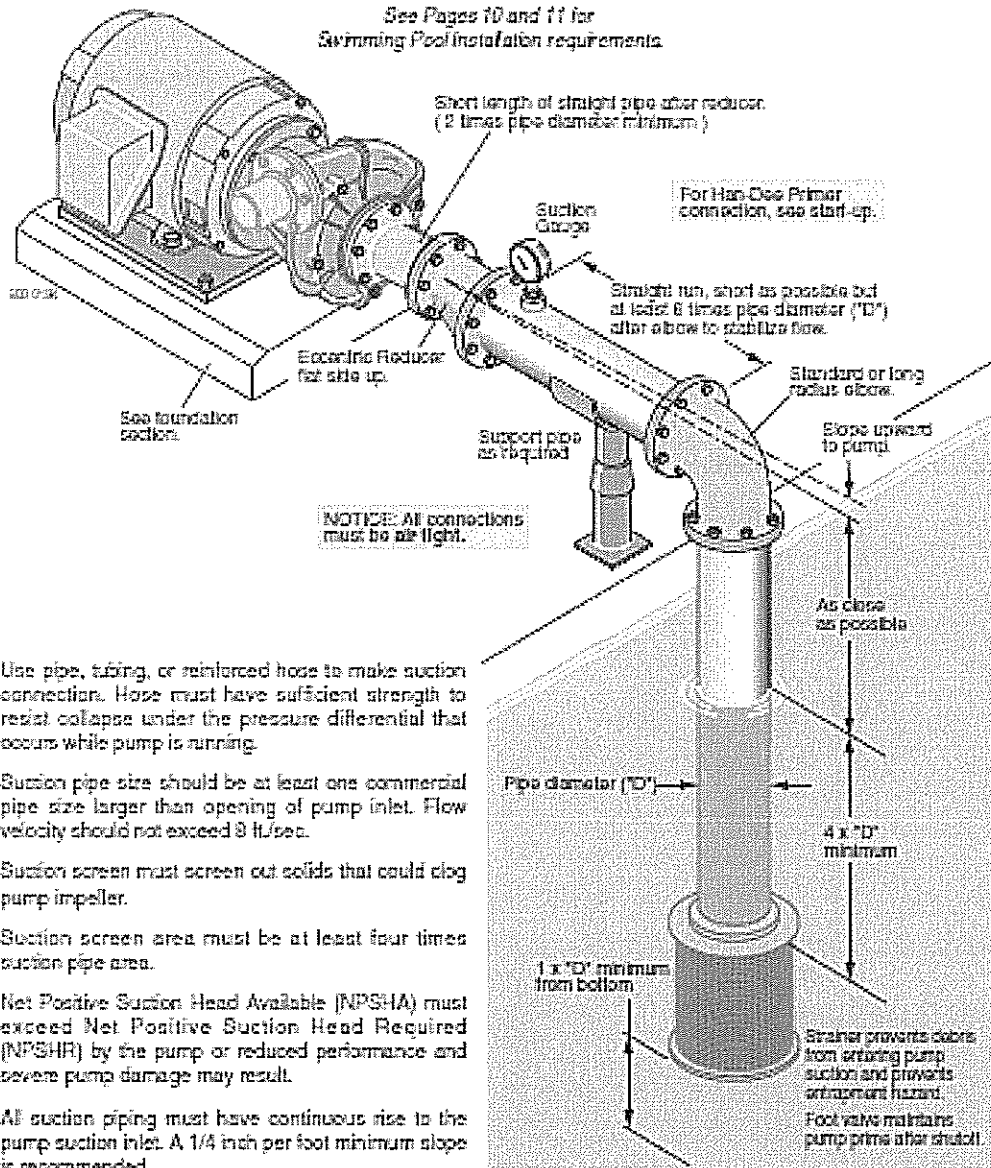
Anexo 13: Esquema de instalación de equipo marca Berkeley

Installation

Centrifugal Pump Suction Connection

Suction Lift

See Pages 10 and 11 for Swimming Pool Installation requirements



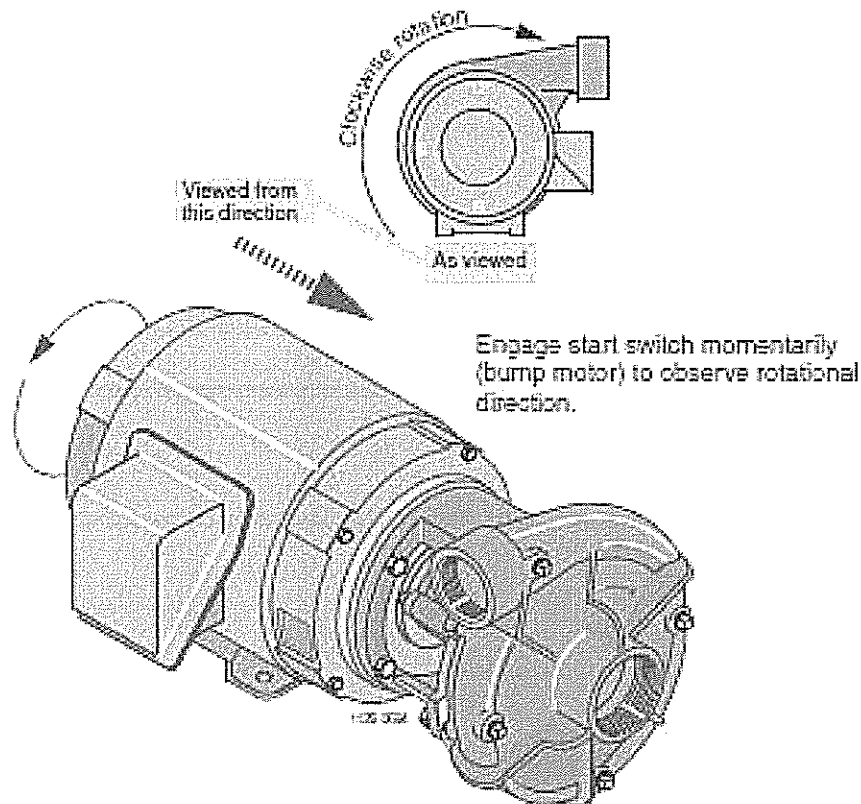
- Use pipe, tubing, or reinforced hose to make suction connection. Hose must have sufficient strength to resist collapse under the pressure differential that occurs while pump is running.
- Suction pipe size should be at least one commercial pipe size larger than opening of pump inlet. Flow velocity should not exceed 8 ft/sec.
- Suction screen must screen out solids that could clog pump impeller.
- Suction screen area must be at least four times suction pipe area.
- Net Positive Suction Head Available (NPSHA) must exceed Net Positive Suction Head Required (NPSHR) by the pump or reduced performance and severe pump damage may result.
- All suction piping must have continuous rise to the pump suction inlet. A 1/4 inch per foot minimum slope is recommended.

Recommended

Anexo 14: Sentido de rotación de equipo marca Berkeley

Start-up

Determine Pump Rotation



Direction of Pump Rotation is determined by viewing liquid end of pump from the back or shaft side, and *not* from looking into the impeller eye or front of volute case. A rotation direction arrow is cast into the pump body and shows correct rotation.

- **Electric Motors:**

Single Phase: Refer to wiring information on the motor plate to obtain proper rotation.

Three Phase: If pump runs backwards, reverse any two leads coming off incoming power (L1, L2, L3) until proper rotation is obtained. Reverse L1 and L2, or L2 and L3, or L1 and L3.

- **Pump running backward** - Centrifugal pumps will still pump liquids, however, GPM and head (discharge pressure) will be a fraction of the published performance.



Fecha: 15/08/2019

Señores:

Atencion a : Ing. Deybing Jirón
 Ing. Marvin Ortega
 Telefono: +(505) 8732-4493
 +(505) 5700-0342
 Correo: jmartinez.bombeo@gmail.com
 mortegalazo@yahoo.com

Ref.: "Suministro e Instalación de Equipos de Bombeo Sumergible de Sólidos de 7.5 HP y Equipos de Bombeo Centrifugo de 25 HP para Proyecto San Carlos"

Cotización: DJFE 2019 - AGT - 098

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit (US \$)	Total (US \$)
1	Suministro de equipo de bombeo sumergible, para manejo de agua limpia, tipo SCAVENGER "E" SERIES, modelo EJ 75D-4, acoplada a motor de 7.5 hp, 3F, 60HZ, 460 VOLT, 3500 RPM, (Ubicada en el cárcamo 1). Q: 21.85 l/s / CTD: 13.47 m. Cada uno de los equipos de bombeo se suministrara con su cadena, riel guía, plataforma de montaje, cable de conexion, su boya para proteccion, indicada en ficha tecnica adjunto.	3.00	und	\$ 5,263.08	\$ 15,789.24
2	Suministro de arrancador suave con su sistema de proteccion y su centro de carga de 7.5 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida electrica subterrada).	3.00	und	\$ 3,200.00	\$ 9,600.00
3	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo para sólidos con su manifold en 12", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el cárcamo 2.	1.00	und	\$ 76,355.00	\$ 76,355.00
4	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo para sólidos. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	3.00	und	\$ 10,772.00	\$ 32,316.00
5	Suministro de equipos de relevo del tipo horizontal marca BERKELEY, modelo B3ZPL, con caudal de 21.85 L/S / CDT 58.84 m, acoplada a motor 25 hp, 3F, 460VOLT, 1750 RPM.	3.00	und	\$ 4,265.00	\$ 12,795.00
6	Suministro de arrancador suave y su centro de carga de 25 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida eléctrica subterrada).	3.00	und	\$ 4,900.00	\$ 14,700.00
7	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo centrifugo con su manifold en 12", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el tanque (3300 metros).	1.00	und	\$ 437,466.00	\$ 437,466.00
8	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo centrifugo. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	1.00	und	\$ 369,002.00	\$ 369,002.00
9	Observaciones # 01 : Las esperas eléctricas de cada uno de los sistemas deberá ser entregada por el cliente hasta el centro de carga dentro del cuarto de máquina. Es nuestra responsabilidad garantizar las conexiones eléctrica hasta la caja bornera de interconexión de cada uno de los motores que se instalaran.				
10	Observacion # 02: El cliente garantizará el acceso al sitio, y garantizará energía para realizar los trabajos y realizar las pruebas preliminares y finales. El cliente garantizará la espera de descarga de cada una de las bomba a 01 metro del área de cada cárcamo.				
SUB TOTAL					\$ 968,023.24
IVA					\$ 145,203.49
TOTAL					\$ 1,113,226.73

Notas:

- Validez de la oferta 30 por días.
- La Oferta esta basada según la documentación otorgada por el cliente.
- Forma de pago: Según se indica en documento base.
- Garantía por un (1) año por desperfectos de fábrica.
- Tiempo de Entrega: 08 - 10 semanas al momento de orden de compra, entrega de adelanto y firma del contrato.

Atentamente
 Ing. Felix Estrada
 AQUATEC S.A



Fecha: 15/08/2019

Señores:

Atencion a : Ing. Deybing Jirón
 Ing. Marvin Ortega
 Telefono: +(505) 8732-4493
 +(505) 5700-0342
 Correo: jmartinez.bombeo@gmail.com
 mortegalazo@yahoo.com

Ref.: "Suministro e Instalación de Equipos de Bombeo Sumergible de Sólidos de 7.5 HP y Equipos de Bombeo Centrifugo de 30 HP para Proyecto San Carlos"

Cotización: DJFE 2019 - AGT - 097

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit (US \$)	Total (US \$)
1	Suministro de equipo de bombeo sumergible, para manejo de agua limpia, tipo SCAVENGER "E" SERIES, modelo EJ 75D-4, acoplada a motor de 7.5 hp, 3F, 60HZ, 460 VOLT, 3500 RPM, (Ubicada en el cárcamo 1). Q: 21.85 l/s / CTD: 13.47 m. Cada uno de los equipos de bombeo se suministrara con su cadena, riel guía, plataforma de montaje, cable de conexion, su boya para proteccion, indicada en ficha tecnica adjunto.	3.00	und	\$ 5,263.08	\$ 15,789.24
2	Suministro de arrancador suave con su sistema de proteccion y su centro de carga de 7.5 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida electrica subterrada).	3.00	und	\$ 3,200.00	\$ 9,600.00
3	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo para sólidos con su manifold en 10", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el cárcamo 2.	1.00	und	\$ 54,492.00	\$ 54,492.00
4	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo para sólidos. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	3.00	und	\$ 8,772.00	\$ 26,316.00
5	Suministro de equipos de relevo del tipo horizontal marca BERKELEY, modelo B3ZPL, con caudal de 21.85 L/S / CDT 64.37 m, acoplada a motor 30 hp, 3F, 460VOLT, 1750 RPM.	3.00	und	\$ 5,030.00	\$ 15,090.00
6	Suministro de arrancador suave y su centro de carga de 30 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida eléctrica subterrada).	3.00	und	\$ 5,600.00	\$ 16,800.00
7	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo centrifugo con su manifold en 10", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el tanque (3300 metros).	1.00	und	\$ 333,533.00	\$ 333,533.00
8	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo centrifugo. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	1.00	und	\$ 369,002.00	\$ 369,002.00
9	Observaciones # 01 : Las esperas eléctricas de cada uno de los sistemas deberá ser entregada por el cliente hasta el centro de carga dentro del cuarto de máquina. Es nuestra responsabilidad garantizar las conexiones eléctrica hasta la caja bornera de interconexión de cada uno de los motores que se instalaran.				
10	Observacion # 02: El cliente garantizará el acceso al sitio, y garantizará energia para realizar los trabajos y realizar las pruebas preliminares y finales. El cliente garantizará la espera de descarga de cada una de las bomba a 01 metro del área de cada cárcamo.				
SUB TOTAL					\$ 840,622.24
IVA					●\$ 126,093.34
TOTAL					●\$ 966,715.58

Notas:

- Validez de la oferta 30 por días.
- La Oferta esta basada según la documentación otorgada por el cliente.
- Forma de pago: Según se indica en documento base.
- Garantía por un (1) año por desperfectos de fábrica.
- Tiempo de Entrega: 08 - 10 semanas al momento de orden de compra, entrega de adelanto y firma del contrato.

Atentamente
 Ing. Felix Estrada
 AQUATEC S.A



Fecha: 15/08/2019

Señores:

Atencion a : Ing. Deybing Jirón
 Ing. Marvin Ortega
 Telefono: +(505) 8732-4493
 +(505) 5700-0342
 Correo: jmartinez.bombeo@gmail.com
 mortegalazo@yahoo.com

Ref.: "Suministro e Instalación de Equipos de Bombeo Sumergible de Sólidos de 7.5 HP y Equipos de Bombeo Centrifugo de 40 HP para Proyecto San Carlos"

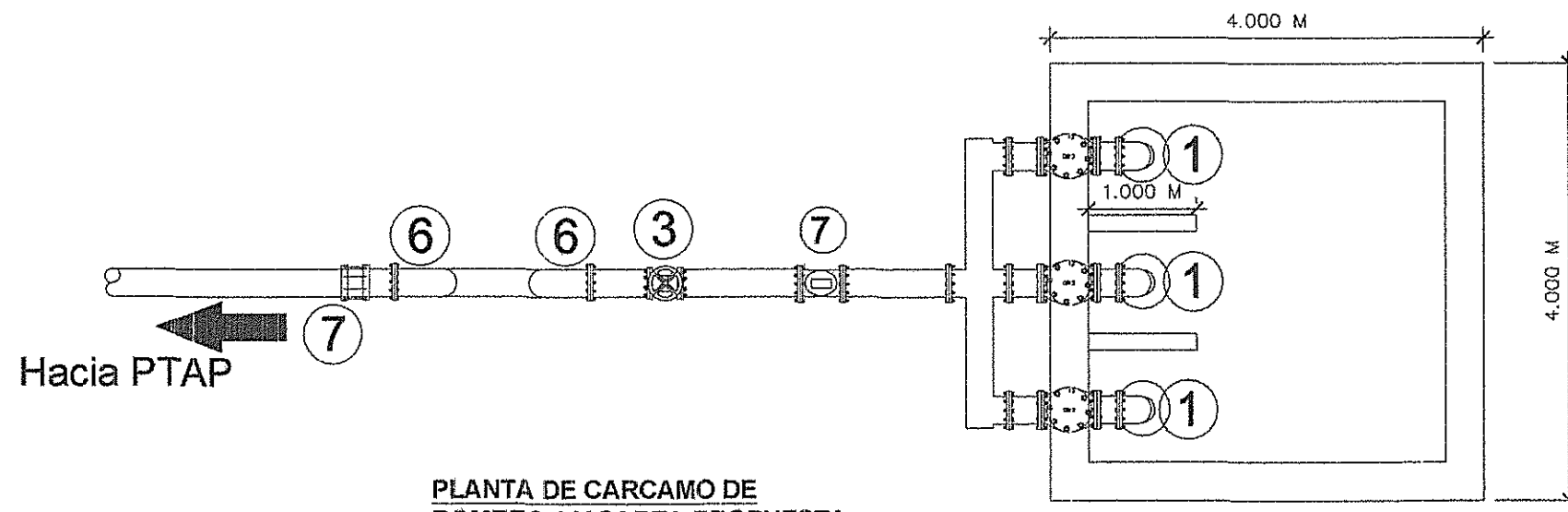
Cotización: DJFE 2019 - AGT - 096

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unit (US \$)	Total (US \$)
1	Suministro de equipo de bombeo sumergible, para manejo de agua limpia, tipo SCAVENGER "E" SERIES, modelo EJ 75D-4, acoplada a motor de 7.5 hp, 3F, 60HZ, 460 VOLT, 3500 RPM, (Ubicada en el cárcamo 1). Q: 21.85 l/s / CTD: 13.47 m. Cada uno de los equipos de bombeo se suministrara con su cadena, riel guía, plataforma de montaje, cable de conexion, su boya para proteccion, indicada en ficha tecnica adjunto.	3.00	und	\$ 5,263.08	\$ 15,789.24
2	Suministro de arrancador suave con su sistema de proteccion y su centro de carga de 7.5 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida electrica subterrada).	3.00	und	\$ 3,200.00	\$ 9,600.00
3	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo para sólidos con su manifold en 8", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el cárcamo 2.	1.00	und	\$ 43,530.00	\$ 43,530.00
4	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo para sólidos. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	3.00	und	\$ 6,772.00	\$ 20,316.00
5	Suministro de equipos de relevo del tipo horizontal marca BERKELEY, modelo B3EPBL, con caudal de 21.85 l/s / CDT 83.41 m, acoplada a motor 40 hp, 3F, 460VOLT, 1750 RPM.	3.00	und	\$ 6,910.00	\$ 20,730.00
6	Suministro de arrancador suave y su centro de carga de 40 hp, 3F, 460 VOLT, (sistema de acometida eléctrica subterrada).	3.00	und	\$ 7,500.00	\$ 22,500.00
7	Suministro de materiales de descarga para 3 equipos de bombeo centrifugo con su manifold en 8", (válvulas compuertas, tubos, union dresser, manómetros, etc). Suministro de tubería de conducción hacia el tanque (3300 metros).	1.00	und	\$ 240,499.00	\$ 240,499.00
8	Mano de obra por el montaje de los equipos electromecánicos: Instalación de los equipos de bombeo centrifugo. Montaje de sarta de descarga. Montaje de red de distribución. Montaje de acometida eléctrica de los motores y los centro de carga.	1.00	und	\$ 367,002.00	\$ 367,002.00
9	Observaciones # 01 : Las esperas eléctricas de cada uno de los sistemas deberá ser entregada por el cliente hasta el centro de carga dentro del cuarto de máquina. Es nuestra responsabilidad garantizar las conexiones eléctrica hasta la caja bornera de interconexión de cada uno de los motores que se instalaran.				
10	Observacion # 02: El cliente garantizará el acceso al sitio, y garantizará energía para realizar los trabajos y realizar las pruebas preliminares y finales. El cliente garantizará la espera de descarga de cada una de las bomba a 01 metro del área de cada cárcamo.				
SUB TOTAL					\$ 739,966.24
IVA					●\$ 110,994.94
TOTAL					●\$ 850,961.18

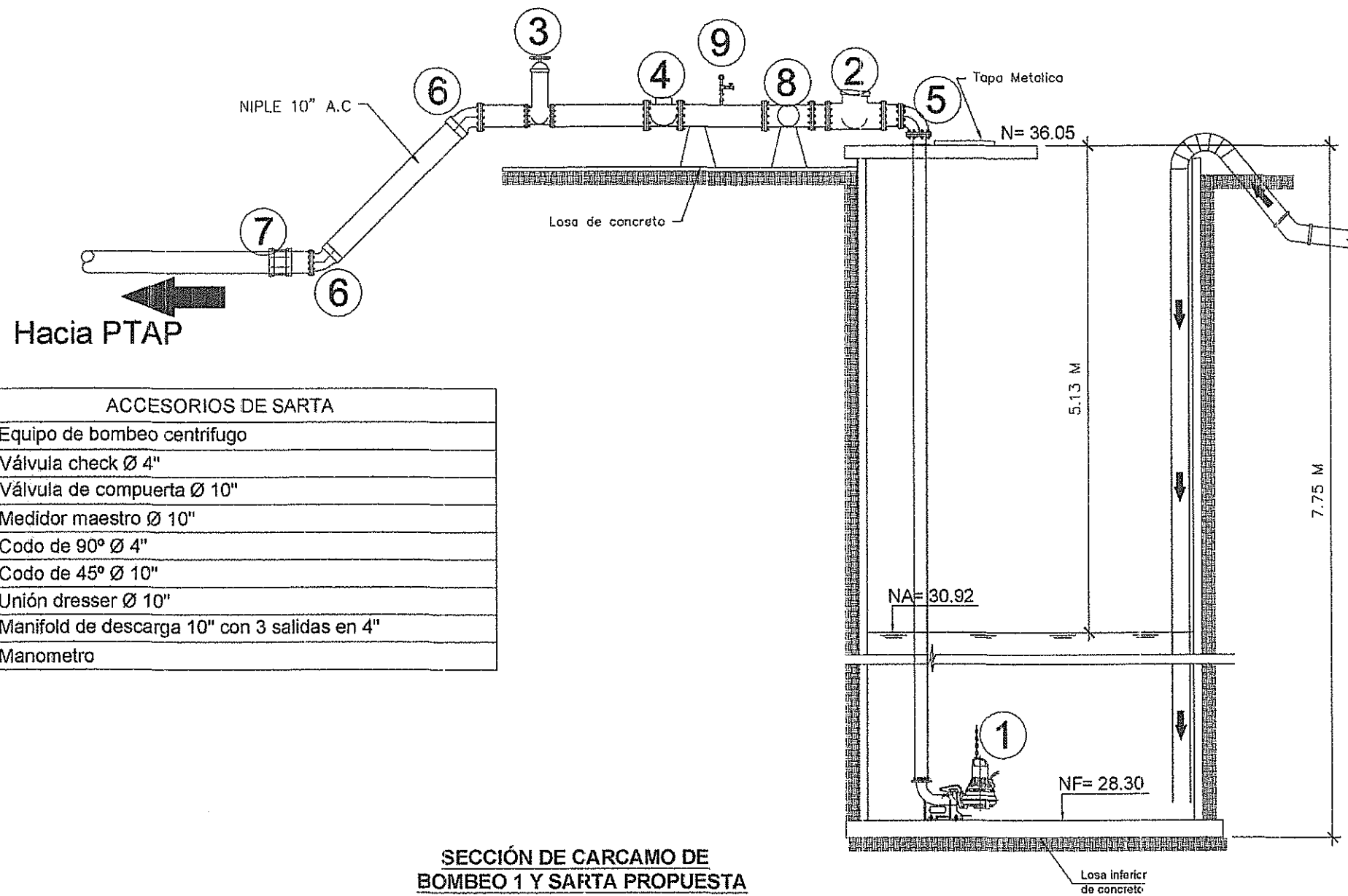
Notas:

- Validez de la oferta 30 por días.
- La Oferta esta basada según la documentación otorgada por el cliente.
- Forma de pago: Según se indica en documento base.
- Garantía por un (1) año por desperfectos de fábrica.
- Tiempo de Entrega: 08 - 10 semanas al momento de orden de compra, entrega de adelanto y firma del contrato.

Atentamente
 Ing. Felix Estrada
 AQUATEC S.A



PLANTA DE CARCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA



SECCIÓN DE CARCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA

ACCESORIOS DE SARTA	
1	Equipo de bombeo centrifugo
2	Válvula check Ø 4"
3	Válvula de compuerta Ø 10"
4	Medidor maestro Ø 10"
5	Codo de 90° Ø 4"
6	Codo de 45° Ø 10"
7	Unión dresser Ø 10"
8	Manifold de descarga 10" con 3 salidas en 4"
9	Manometro

CIUDAD DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN.

DE A-10
N° A-01

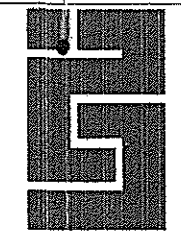
ESCALA INDICADA
FECHA AGOSTO 2019.

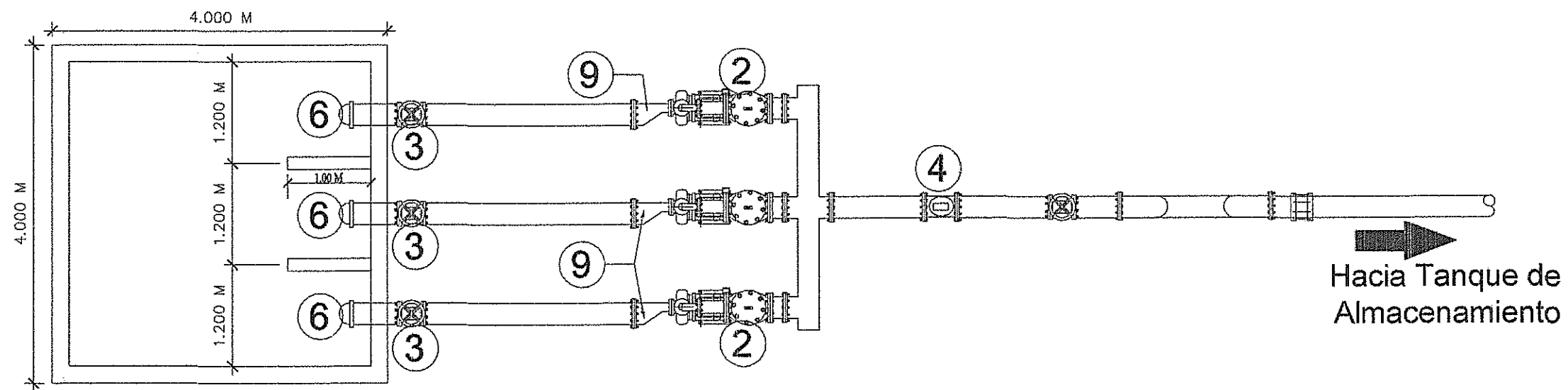
DIBUJADOR
BR. JIRÓN MARTINEZ DEYBING JOSUE
BR. ORTEGA LAZO MARVIN DANILO

CONTENIDO
DETALLE DE PLANTA Y SECCIÓN DE CÁRCAMO DE BOMBEO 1

UBICACIÓN

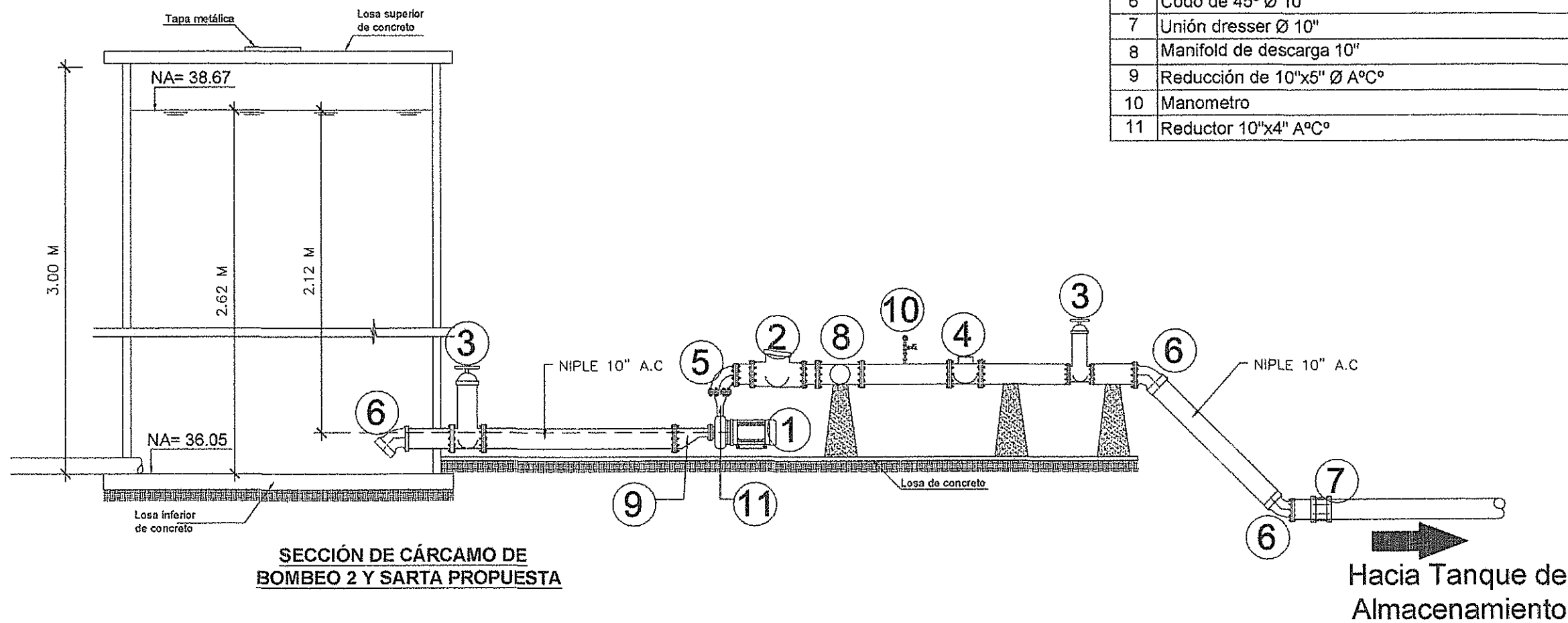
CONTENIDO





PLANTA DE CÁRCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

ACCESORIOS DE SARTA	
1	Equipo de bombeo centrifugo
2	Válvula check Ø 10"
3	Válvula de compuerta Ø 10"
4	Medidor maestro Ø 10"
5	Codo de 90° Ø 10"
6	Codo de 45° Ø 10"
7	Unión dresser Ø 10"
8	Manifold de descarga 10"
9	Reducción de 10"x5" Ø A°C°
10	Manometro
11	Reductor 10"x4" A°C°



SECCIÓN DE CÁRCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

CIUDAD DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN.

DE A-10
N° A-02

ESCALA INDICADA

FECHA AGOSTO 2019.

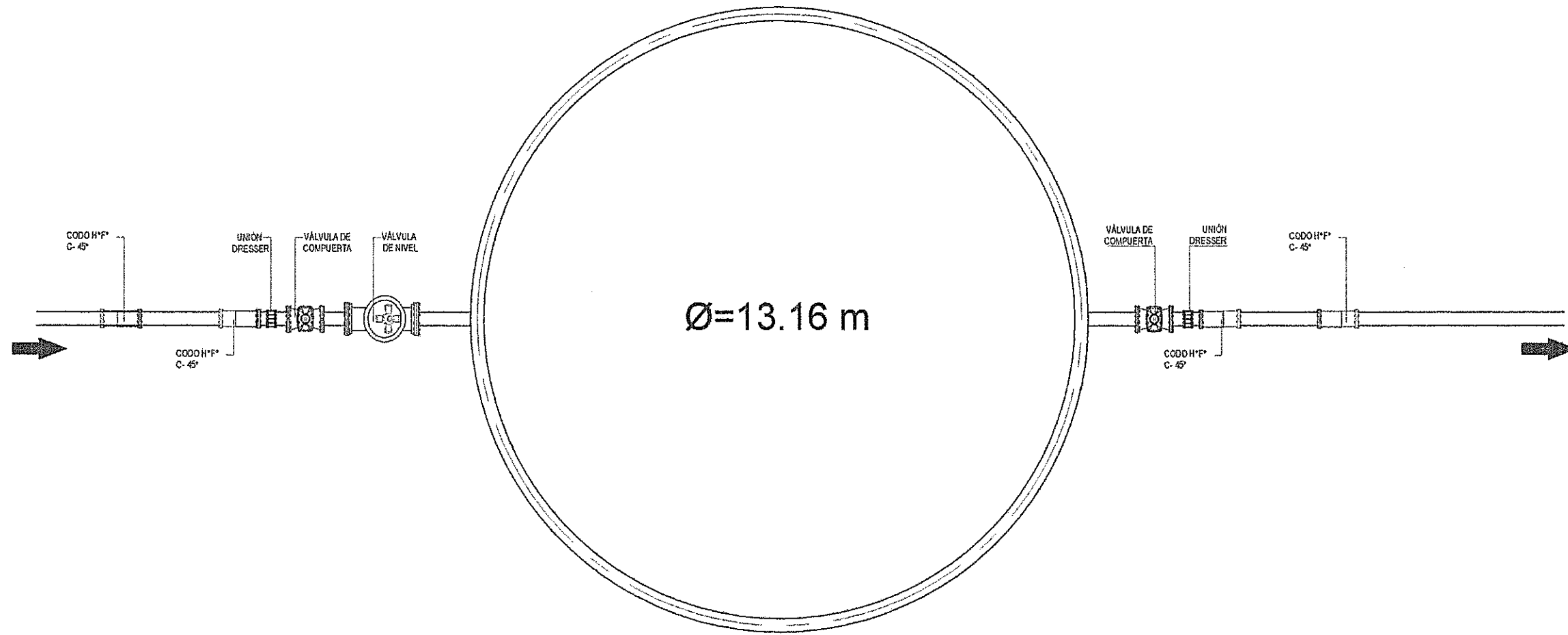
DIBUJADOR
BR. JIRÓN MARTINEZ DEYBING JOSUE
BR. ORTEGA LAZO MARVIN DANILO

CONTENIDO
DETALLE DE PLANTA Y SECCIÓN DE CÁRCAMO DE BOMBEO 2

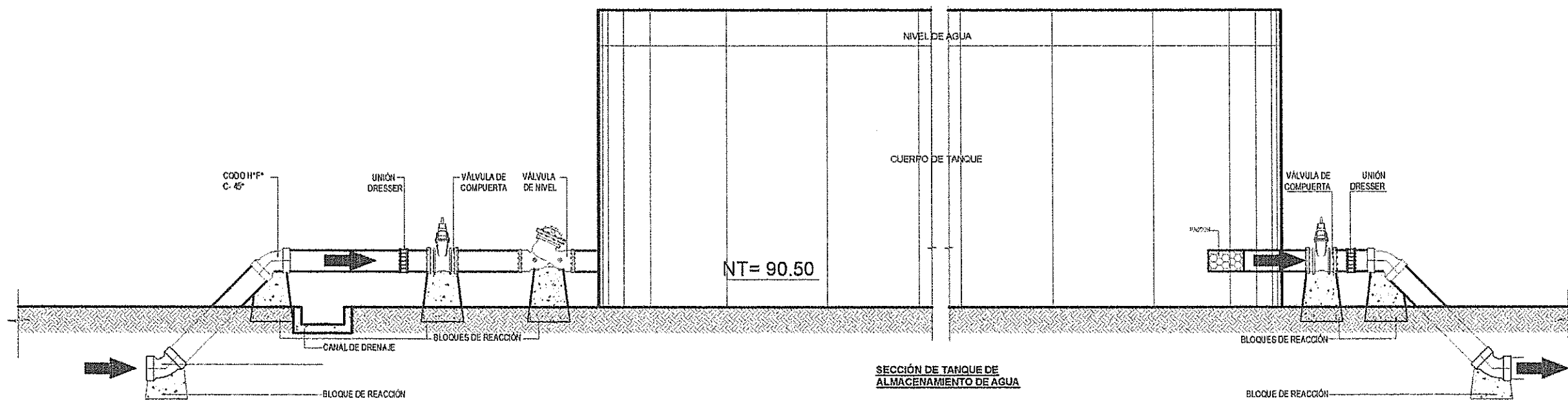
UBICACIÓN



Hacia Tanque de Almacenamiento



PLANTA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA



SECCIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

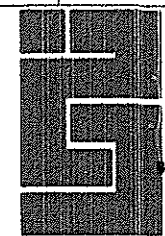
CIUDAD DE SAN CARLOS, DEPARTAMENTO DE RIO SAN JUAN.

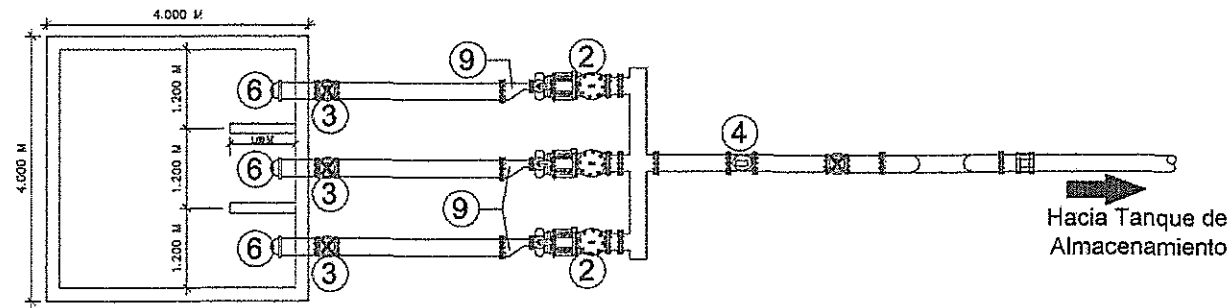
DE A-10
N° A-03

ESCALA INDICADA
FECHA AGOSTO 2019.

DIBUJADOR
BR. JIRÓN MARTINEZ DEYBING JOSUE
BR. ORTEGA LAZO MARVIN DANILO

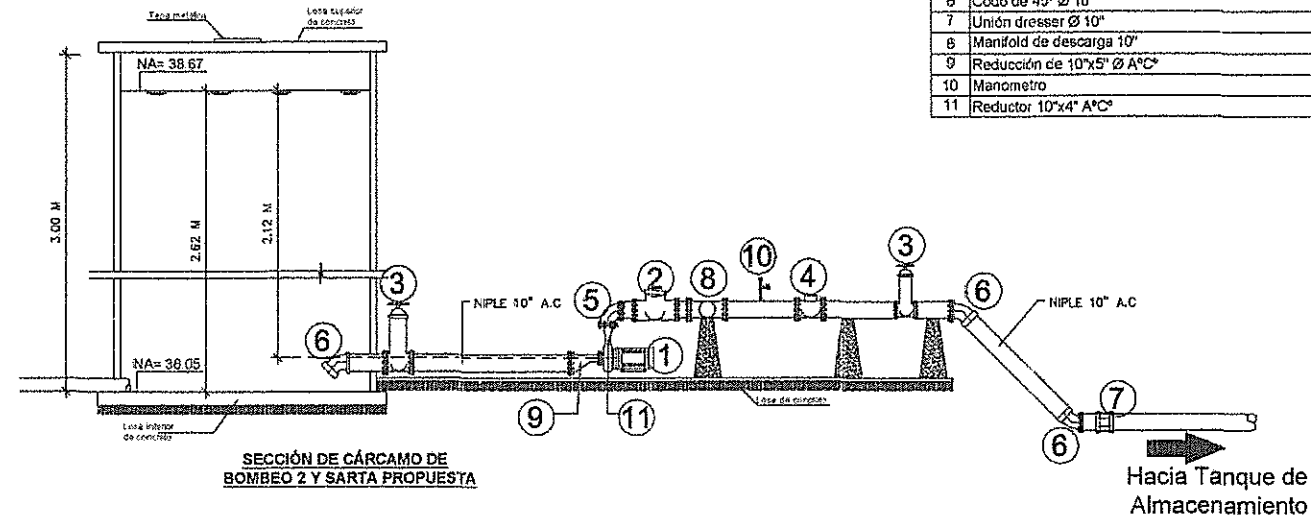
UBICACIÓN
CONTENIDO
DETALLE DE PLANTA Y SECCIÓN DE TANQUE DE AGUA



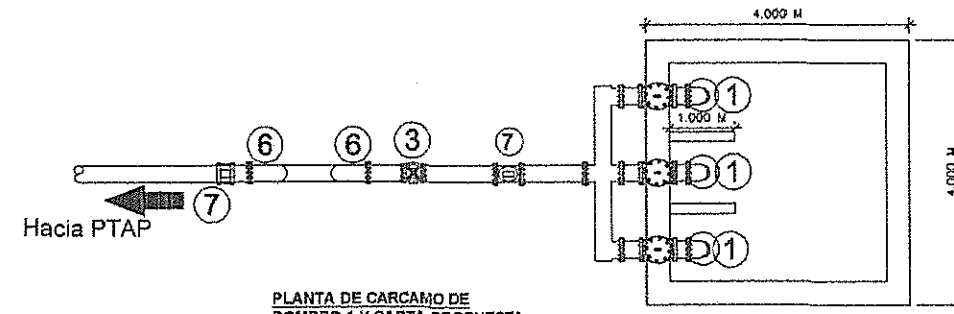


PLANTA DE CÁRCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

ACCESORIOS DE SARTA	
1	Equipo de bombeo centrifugo
2	Válvula check Ø 10"
3	Válvula de compuerta Ø 10"
4	Medidor maestro Ø 10"
5	Codo de 90° Ø 10"
6	Codo de 45° Ø 10"
7	Unión dresser Ø 10"
8	Manifold de descarga 10"
9	Reducción de 10"x5" Ø A°C
10	Manometro
11	Reductor 10"x4" A°C

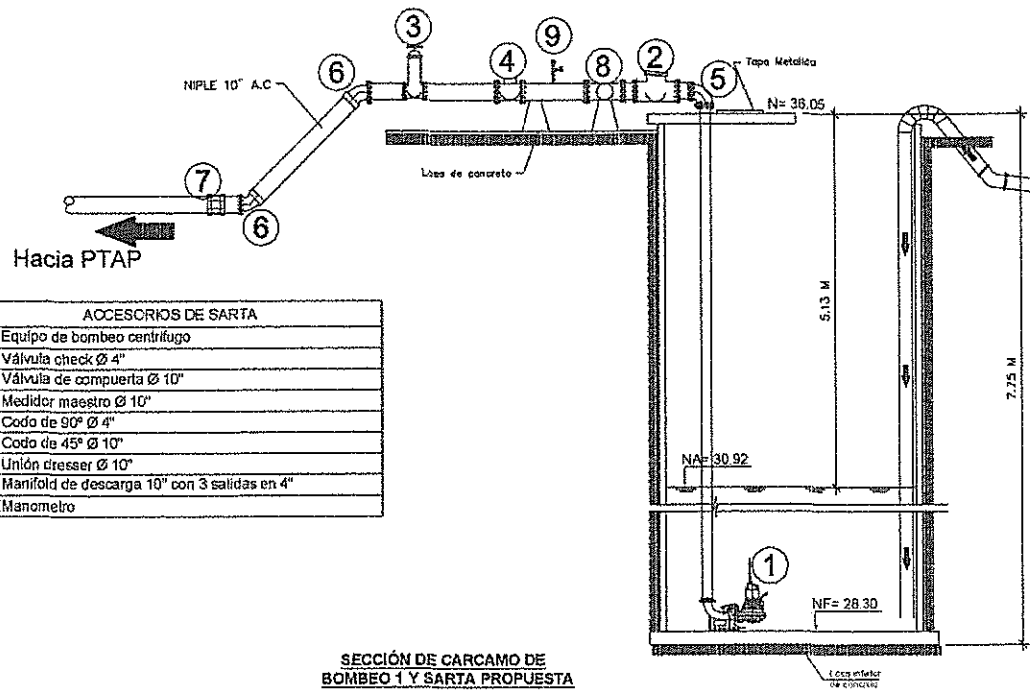


SECCIÓN DE CÁRCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

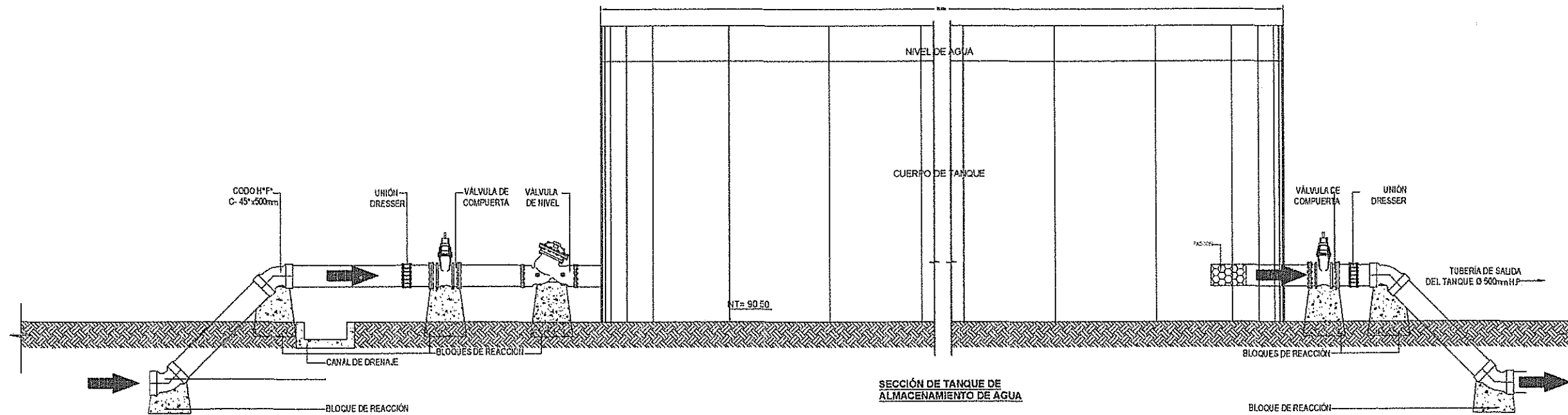


PLANTA DE CÁRCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA

ACCESORIOS DE SARTA	
1	Equipo de bombeo centrifugo
2	Válvula check Ø 4"
3	Válvula de compuerta Ø 10"
4	Medidor maestro Ø 10"
5	Codo de 90° Ø 4"
6	Codo de 45° Ø 10"
7	Unión dresser Ø 10"
8	Manifold de descarga 10" con 3 salidas en 4"
9	Manometro



SECCIÓN DE CÁRCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA



SECCIÓN DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA

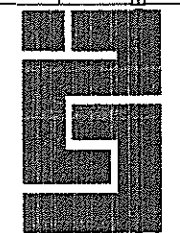
Ciudad de San Carlos, Departamento de Rio San Juan.

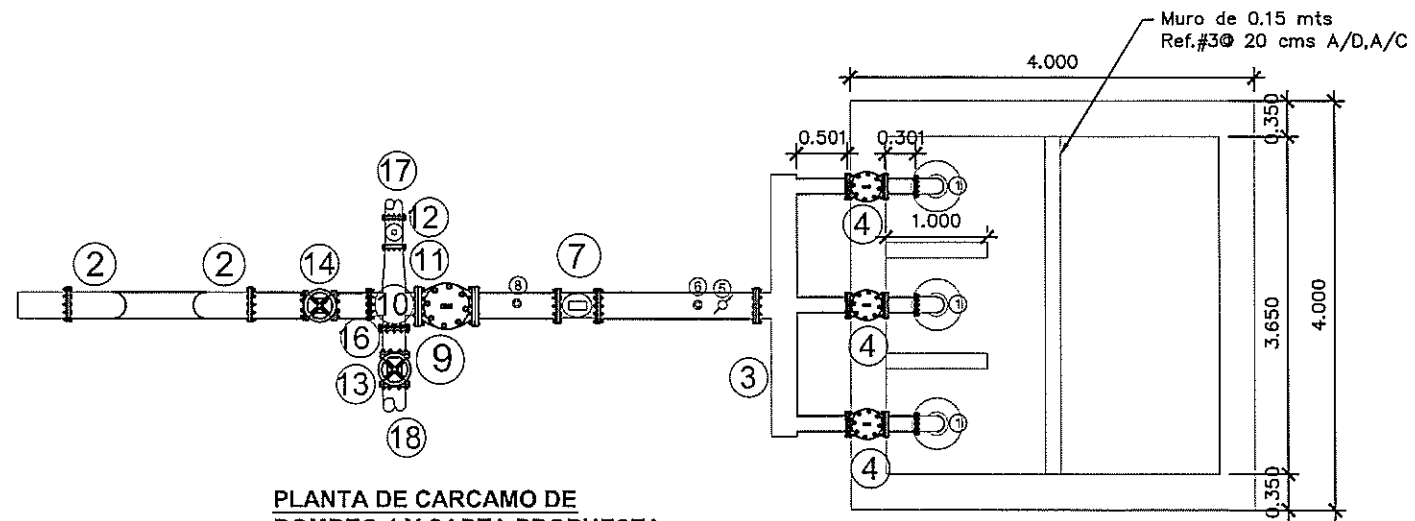
DE A-10
N° A-04

ESCALA INDICADA
FECHA AGOSTO 2019.

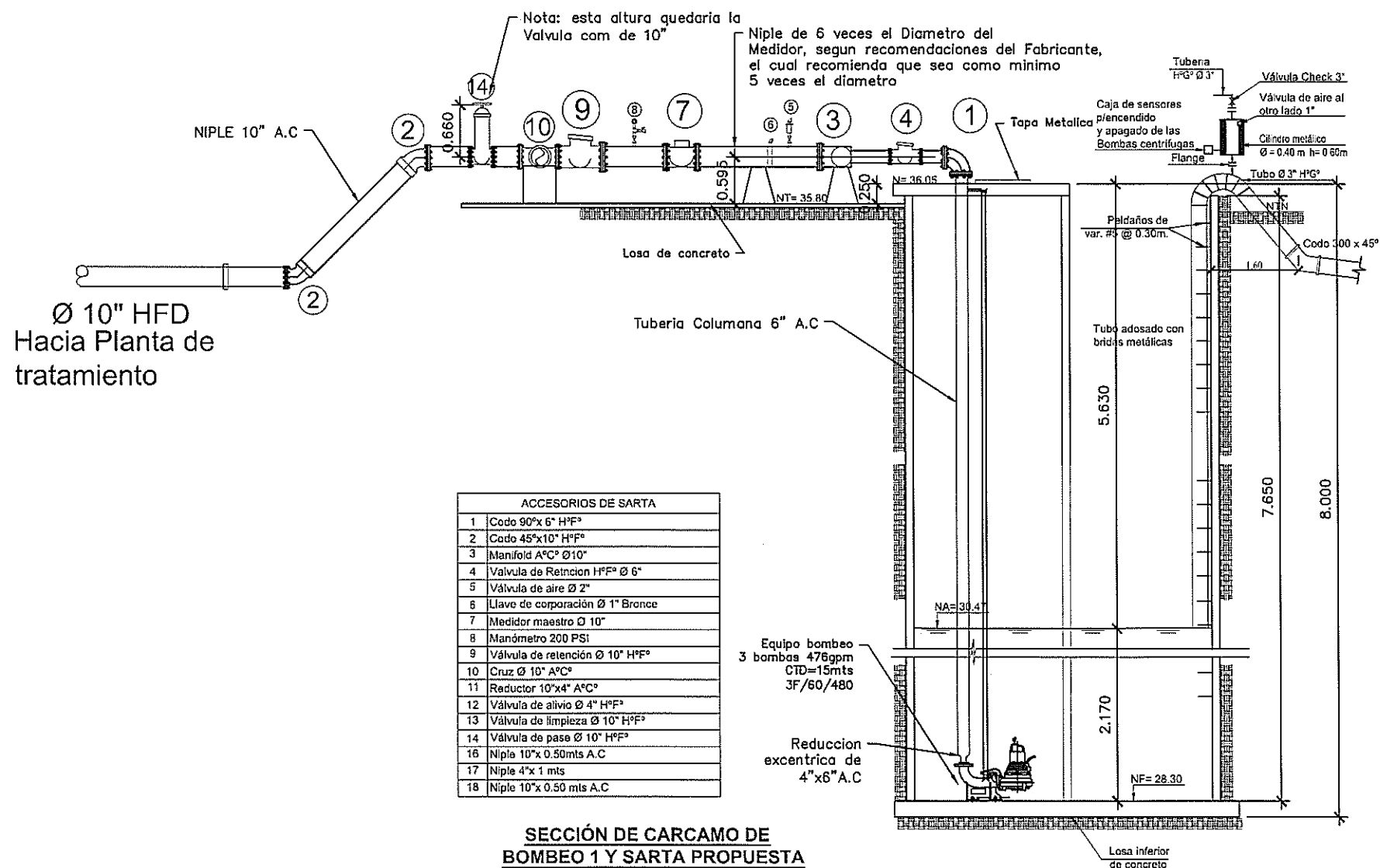
DIBUJADOR BR. JIRÓN MARTINEZ DEYBING JOSUE
BR. ORTEGA LAZO MARVIN DANILLO

UBICACIÓN
CONTENIDO
DETALLE DE PLANTA Y SECCIÓN DE CÁRCAMOS DE BOMBEO TANQUE



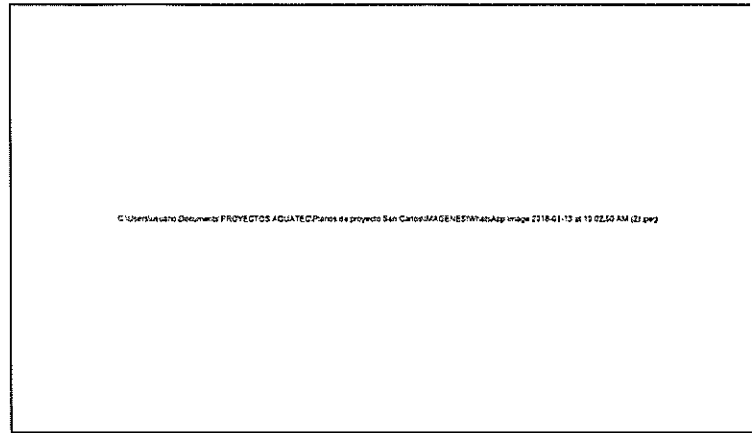


PLANTA DE CARCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA



ACCESORIOS DE SARTA	
1	Codo 90°x 6" H ² F ²
2	Codo 45°x10" H ² F ²
3	Manifold A ² C ² Ø10"
4	Valvula de Retencion H ² F ² Ø 6"
5	Valvula de aire Ø 2"
6	Llave de coporación Ø 1" Bronce
7	Medidor maestro Ø 10"
8	Manómetro 200 PSI
9	Valvula de retención Ø 10" H ² F ²
10	Cruz Ø 10" A ² C ²
11	Reductor 10"x4" A ² C ²
12	Valvula de alivio Ø 4" H ² F ²
13	Valvula de limpieza Ø 10" H ² F ²
14	Valvula de paso Ø 10" H ² F ²
16	Niple 10"x 0.50mts A.C
17	Niple 4"x 1 mts
18	Niple 10"x 0.50 mts A.C

SECCIÓN DE CARCAMO DE BOMBEO 1 Y SARTA PROPUESTA



AQUATEC
 Km. 2.5 Carretera Norte,
 Managua, Nicaragua
 PBX. 505 2249 6292
 Fax. 505 2249 4894
 Línea Gratuita: 1-800-AGUA
 (2482)
 www.aquacorp.com



CLIENTE:
CONSTRUCCIONES LACAYO FIALLOS S.A

UBICACION:
SAN CARLOS RIOS SAN JUAN

CONTENIDO:
EB1 EQUIPO DE BOMBEO SUMERGIBLE DE 10 HP/3F/460V 476 GPM

CONSULTORES:
DISEÑO: ING. FELIX ESTRADA

DIBUJO: MARVIN ORTEGA

APROBO: ING. FREDERICK ROJAS

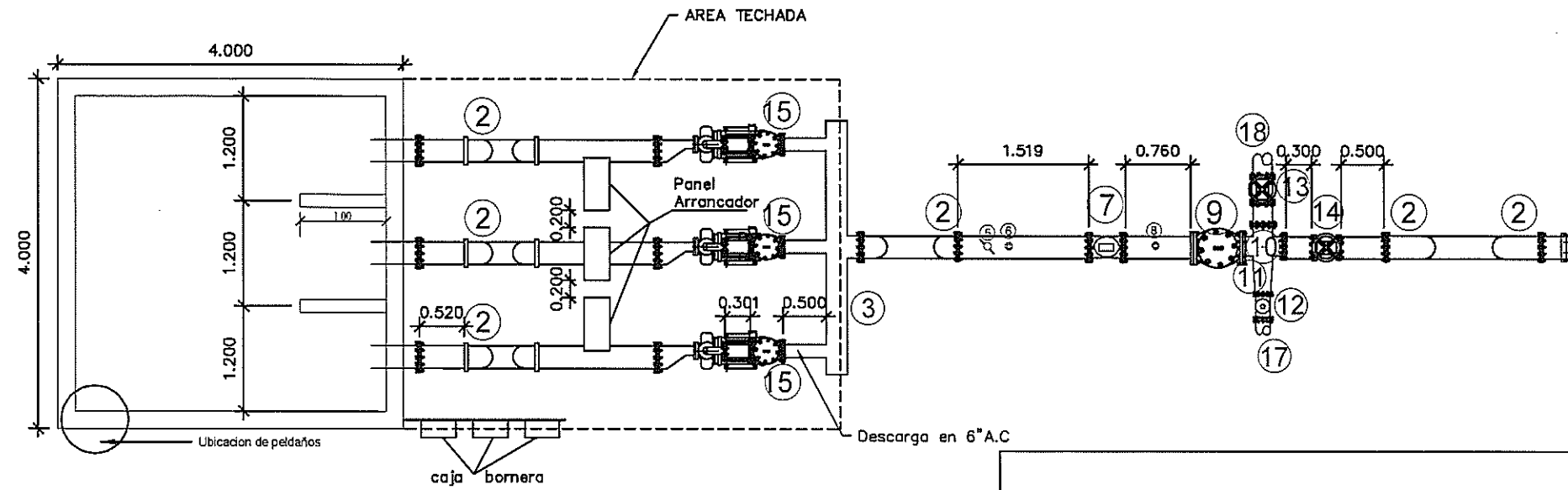
ASESOR: ING. FELIX ESTRADA

OTROS:

ESCALA:
 Sin Escala

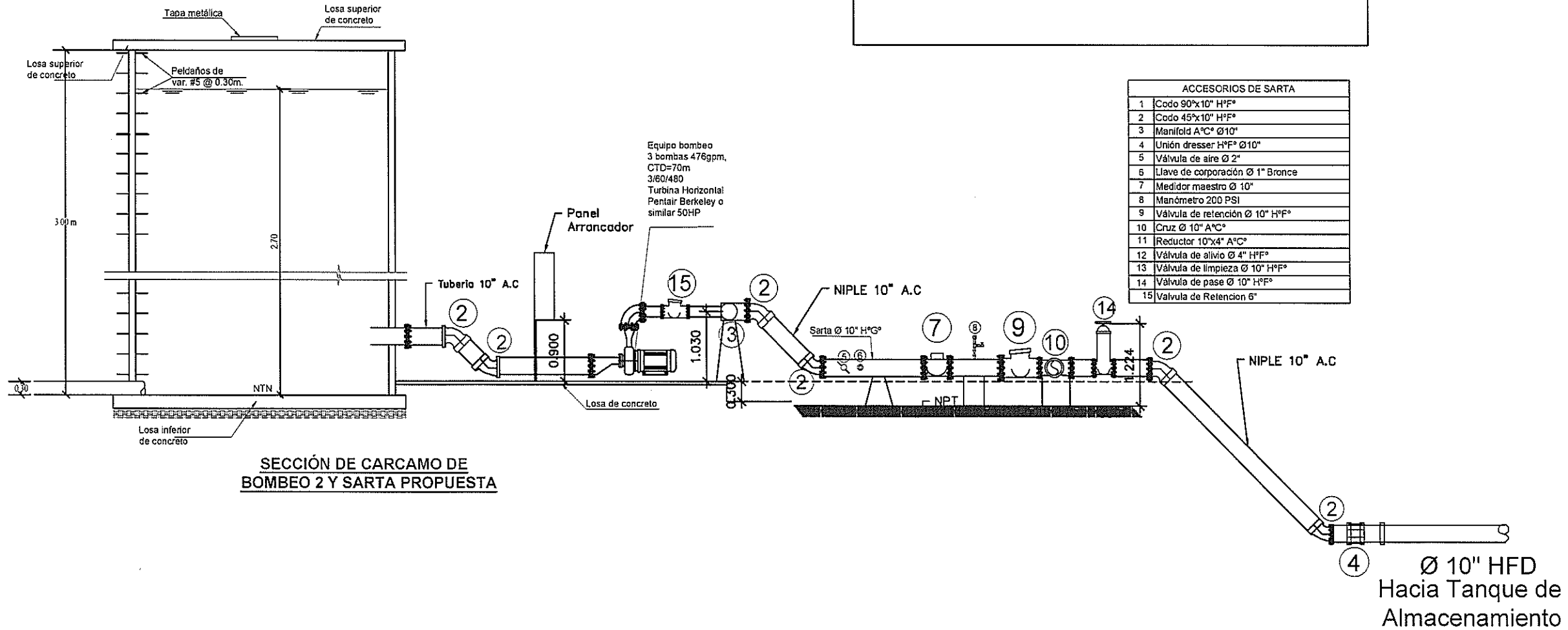
FECHA:
 24/01/2018

LAMINA:
 N°: 1 DE: 1



PLANTA DE CARCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

C:\Users\usuario\Documents\PROYECTOS AQUATEC\Plano de proyecto San Carlos\MAGDOLENA\MAGDOLENA.dwg 2018-01-13 at 10:02:31 AM .png



SECCIÓN DE CARCAMO DE BOMBEO 2 Y SARTA PROPUESTA

ACCESORIOS DE SARTA	
1	Codo 90°x10" H ² F°
2	Codo 45°x10" H ² F°
3	Manifold A ² C° Ø10"
4	Unión dresser H ² F° Ø10"
5	Válvula de aire Ø 2"
6	Llave de corporación Ø 1" Bronce
7	Medidor maestro Ø 10"
8	Manómetro 200 PSI
9	Válvula de retención Ø 10" H ² F°
10	Cruz Ø 10" A ² C°
11	Reductor 10"x4" A ² C°
12	Válvula de alivio Ø 4" H ² F°
13	Válvula de limpieza Ø 10" H ² F°
14	Válvula de pase Ø 10" H ² F°
15	Válvula de Retención 6"

Equipo bombeo
3 bombas 476gpm,
CTD=70m
3/60/480
Turbinas Horizontales
Pentair Berkeley o
similar 50HP

Ø 10" HFD
Hacia Tanque de
Almacenamiento



AQUATEC
Km. 2.5 Carretera Norte,
Managua, Nicaragua
PBX. 505 2249 8292
Fax. 505 2249 4694
Línea Gratuita: 1-800-AGUA
(2482)
www.aquacorp.com



CLIENTE:
**CONSTRUCCIONES
LACAYO FIALLOS S.A**

UBICACION:
**SAN CARLOS
RIOS SAN JUAN**

CONTENIDO:
**EB2
EQUIPO DE BOMBEO
CENTRIFUGO
DE 40 HP/3F/460V
476 GPM
CARCAMO 2**

CONSULTORES:
**DISEÑO:
ING. FELIX ESTRADA**

**DIBUJO:
MARVIN ORTEGA**

**APROBO:
ING. FREDERICK ROJAS**

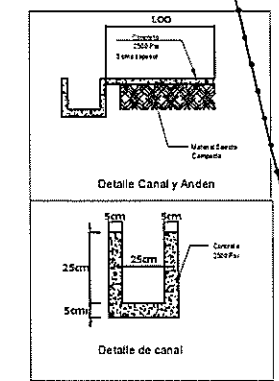
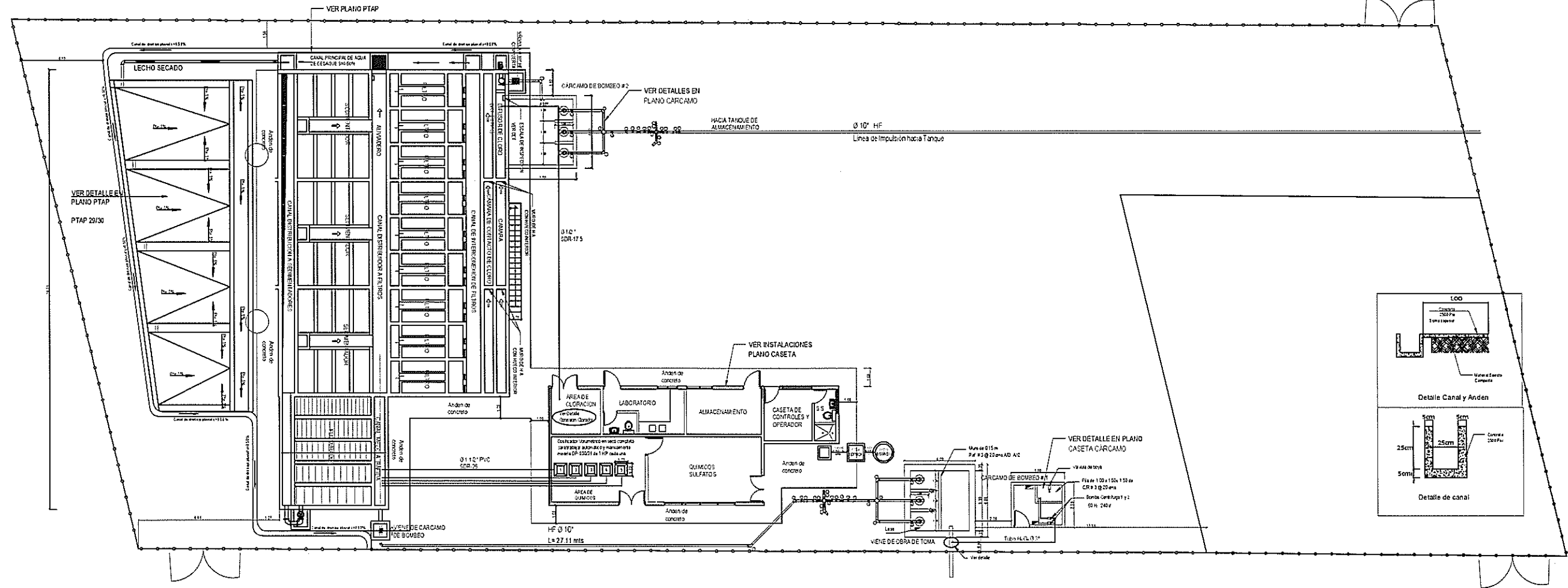
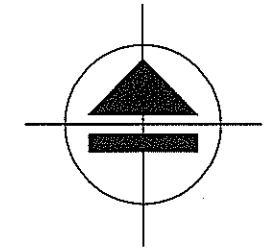
**ASESOR:
ING. FELIX ESTRADA**

OTROS:

**ESCALA:
Sin Escala**

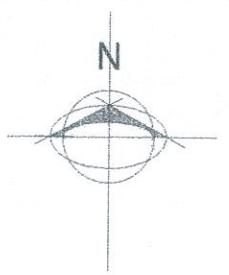
**FECHA:
24/01/2018**

**LAMINA:
Nº 1
DE 1**

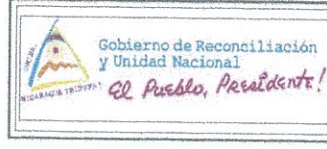
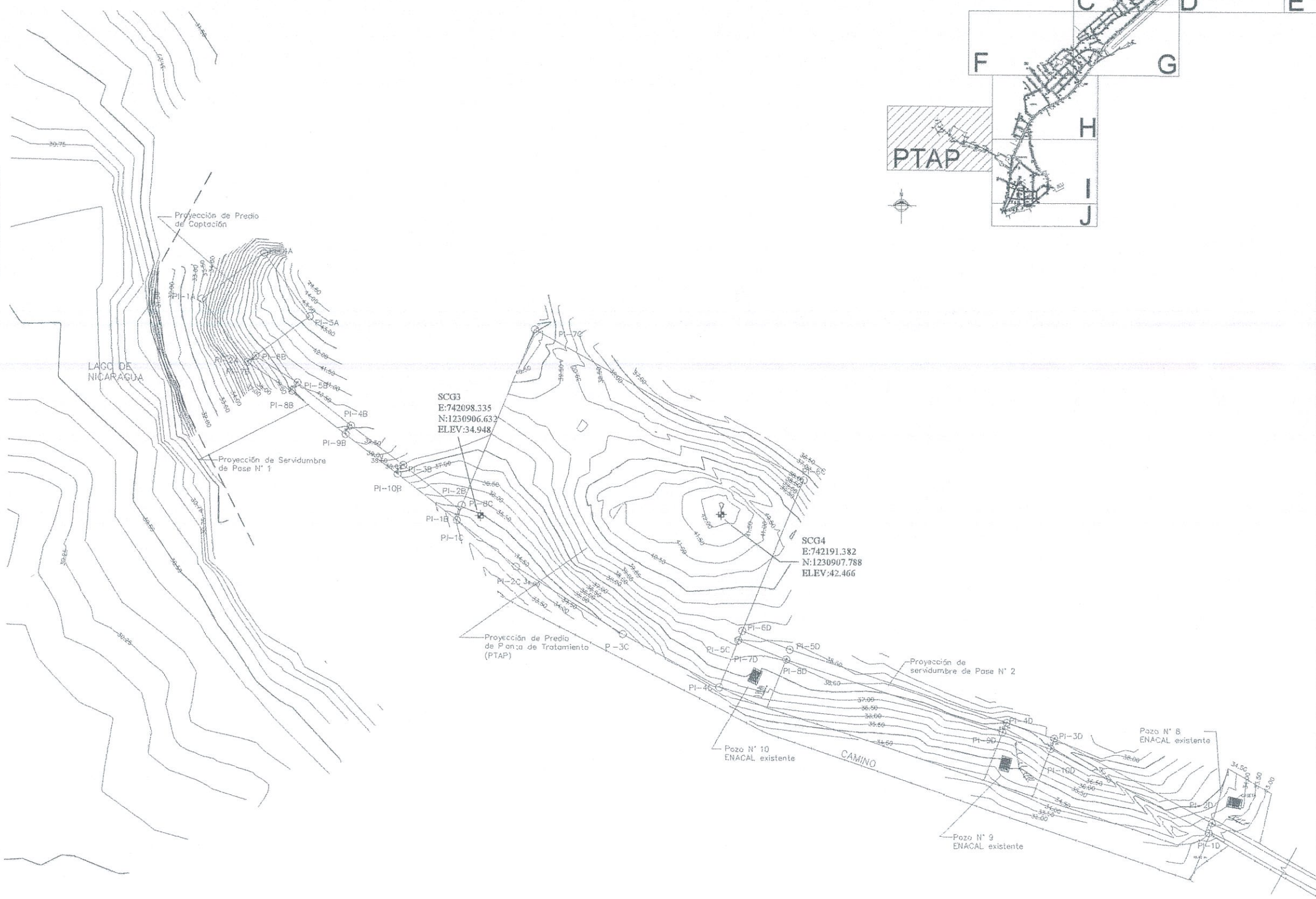
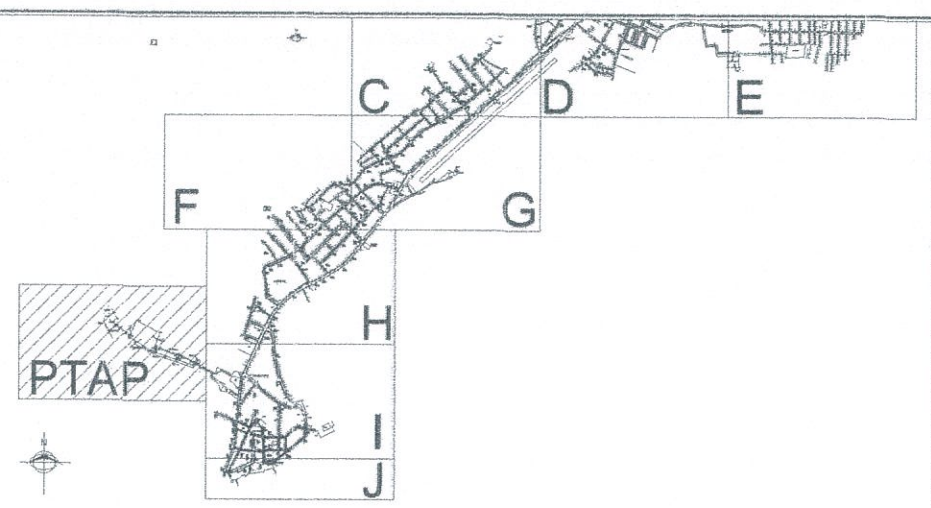


PLANTA DE CONJUNTO
Escala 1:250

<p>C:\Users\LEON\Documents\Consultorias\San Carlos\Logo Gob.png</p>	<p>C:\Users\LEON\Documents\Consultorias\San Carlos\Logo En329122</p>	<p>C:\Users\LEON\Documents\Consultorias\San Carlos\Logo En329122</p>	<p align="center">PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SAN CARLOS</p>	<p align="center">PROGRAMA INTEGRAL SECTORIAL DE AGUA Y SANEAMIENTO HUMANO (PISASH)</p>	<p>DISEÑO: Ing. Bernardo González COORDINÓ: Msc. Arles Soriano APROBO:</p>	<p>CONTENIDO: Plano de Conjunto PTAP</p> <p>MUNICIPIO / CIUDAD: San Carlos / Río San Juan</p> <p>FECHA: Junio 2016</p>	<p>ESCALA: 1:250 HOJA: Conjunto</p>
---	--	--	---	--	---	---	---



SIMBOLOGIA	
	CURVAS DE NIVEL
	BM (BANCO DE MARCA) COORDINADO
	NÚMERO DE MANZANA



FINANCIADO POR:
aecid
 OFICINA TÉCNICA DE COORDINACIÓN

MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO EN 19 CIUDADES

PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE SAN CARLOS

DISEÑO POR: **ENACAL**

JEFE DE PROYECTO: **ENACAL**

DISEÑADOR: **ENACAL**

PLANO TOPOGRÁFICO
SECCIÓN PTAP

SAN CARLOS
 MUNICIPIALIDAD:
 SAN CARLOS / RIO SAN JUAN

ESCALA: 1:750

FECHA: SEPTIEMBRE 2014

CÓDIGO DE HOJA: **TOP 88**

CONSECUTIVO: **9/54**



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

ORTEGA LAZO MARVIN DANILO

Carne: **2012-41555** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGRÍCOLA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los trece días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.

Atentamente,



Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION** hace constar que:

JIRON MARTINEZ DEYBING JOSUE

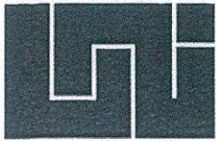
Carne: **2012-41341** Turno **Diurno** Plan de Estudios **2015** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERIA AGRÍCOLA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los trece días del mes de agosto del año dos mil diecinueve.

Atentamente,

Dr. Francisco Efraín Chamorro Blandón
Secretario de Facultad





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019**

No. Recibo **86744**

No. Inscripción **422**

NOMBRES Y APELLIDOS: Marvin Danilo Ortega Lazo

CARRERA: INGENIERIA AGRÍCOLA

CARNET: 2012-41555

TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE
2019

FECHA: 13/08/2019

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1	-----ULTIMA LINEA					



F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

AJIMENEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 13-ago-2019



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
SECRETARIA ACADEMICA**

**HOJA DE MATRICULA
AÑO ACADEMICO 2019**

No. Recibo **86745**

No. Inscripción **421**

NOMBRES Y APELLIDOS: Deybing Josue Jiron Martinez

CARRERA: INGENIERIA AGRÍCOLA

CARNET: 2012-41341

TURNO:

PLAN DE ESTUDIO: 2015

SEMESTRE: PRIMER SEMESTRE
2019

FECHA: 13/08/2019

No.	ASIGNATURA	GRUPO	AULA	CRED.	F	R
1 ULTIMA LINEA					



F:Frecuencia de Inscripciones de Asignatura R: Retiro de Asignatura.

AJIMENEZ

GRABADOR

FIRMA Y SELLO DEL
FUNCIONARIO

FIRMA DEL
ESTUDIANTE

cc:ORIGINAL:ESTUDIANTE - COPIA:EXPEDIENTE.

IMPRESO POR SISTEMA DE REGISTRO ACADEMICO EL 13-ago-2019