

Rediseño del sistema de bombeo para el mejoramiento del uso eficiente de agua y energía de la Universidad Antonio Nariño sede Santa Marta

Rafael David Ramos Alfaro cod.23551722789
Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica.
Tecnología en Mantenimiento Electromecánico Industrial
Universidad Antonio Nariño, Santa Marta
rramos08@uan.edu.com

RESUMEN- la investigación está dirigida entorno al rediseño y mejoramiento de la eficiencia del sistema de Bombeo de la universidad Antonio Nariño, debido a que la universidad demanda un consumo elevado en el cuarto de bombas, cuando se realiza la actividad de riego en la institución y esta se ve reflejada en la facturación de la empresa prestadora de energía.

Dado que la universidad no dispone de un sistema de riego independiente que le brinde mayor eficiencia en el proceso de bombeo y a su vez un aprovechamiento del agua en las diferentes actividades que se utiliza el preciado líquido en el ende educativo.

En la universidad no se ven las tomas de mediciones supervisadas para el consumo de las bombas, tampoco se tiene en cuenta un plan de mantenimiento básico para el sistema de bombeo, por tal motivo se realizó mediciones para analizar el comportamiento de las bombas y brindar las recomendaciones de cómo mejorar su eficiencia energética, además de bajar los altos consumos de energía.

Esto se logró a través del uso de herramientas como son los medidores energéticos y los arrancadores suaves, que evitan grandes picos de corriente al momento de romper la inercia del motor, también se tuvo en cuenta el mejoramiento de las tuberías de agua para evitar grandes presiones y golpes de ariete que aumenten el consumo del sistema anteriormente mencionado.

Metodológicamente se empleó una investigación descriptiva, cuantitativa y en campo donde se obtuvo informaciones mediante documentos bibliográficos sobre el fenómeno en estudio, es decir sobre las motobombas que se han convertido en un elemento de primera necesidad para los hogares colombianos.

Palabras Clave: Motobombas, bombas centrífugas, drenaje.

ABSTRACT- The research is directed around the redesign and improvement of the efficiency of the pumping system of the Antonio Nariño University, because the university demands a high consumption in the pump room, when the irrigation activity is carried out in the institution and this is It is reflected in the billing of the energy provider company. Since the university does not have an independent irrigation system that provides greater efficiency in the pumping process and, in turn, makes use of water in the different activities that the precious liquid is used in the educational area.

The university does not see the supervised measurements taken for the consumption of the pumps, nor does it take into account a basic maintenance plan for the pumping system, for this reason measurements were made to analyze the behavior of the pumps and provide the recommendations on how to improve your energy efficiency, in addition to lowering high energy consumption. This was achieved through the use of tools such as energy meters and soft starters, which avoid large current spikes when breaking the motor's inertia, the improvement of water pipes was also taken into account to avoid high pressures and water hammers that increase the consumption of the aforementioned system. Methodologically, a descriptive, quantitative and field research was used where information was obtained through bibliographic documents on the phenomenon under study, that is, on the motor pumps that have become an essential element for Colombian households.

Key Words: Motor pumps, centrifugal pumps, drainage.

I. INTRODUCCIÓN

El diseño de medidas o planes para mejorar la eficiencia energética disminuyen los gastos en cualquier empresa y aumentan la productividad de los equipos, esto debido al no cese de actividades de las maquinas por poco o nulo mantenimiento, en las empresas la necesidad de reducir los costos de la energía, es un insumo que está presente durante todo el proceso de bombeo, de tal manera que en cualquier proceso su costo se ve reflejado.

La gestión de la energía es una práctica de mejora continua del desempeño energético dentro de las acciones normales dentro de una organización. Es por tal motivo que se desea realizar un estudio para el mejoramiento de la eficiencia energética y posterior rediseño del sistema de bombeo de toda la edificación de la UAN sede Santa Marta, con el fin de mejorar el rendimiento y el gasto energético en cuestión de dinero, así como de reducir el impacto ambiental y el cambio climático.

La metodología del trabajo a realizar es de tipo descriptivo, cuantitativo y en campo en donde los datos se obtendrán de forma directa de los equipos ubicado en las instalaciones de la UAN, realizando comparaciones entre los equipos actuales y nuevos estudios de implementación para el ahorro energético, visionando diferentes escenarios y plantear el adecuado para la instalación universitaria.

En pro de manejar con propiedad el diseño que se propone desarrollar, se acude a autores que han realizado trabajos similares para fortalecer la investigación realizada.

Según Méndez Dávila [1], en su trabajo de grado, concluye que la selección del correcto diámetro de la tubería de descarga, así como de las válvulas automatizadas y demás objetos utilizados en la automatización influyen en la eficiencia de la bomba y en el retorno a la inversión en los costos de mantenimiento e instalación.

Las estadísticas de las tuberías de agua, que requieren presurización y desplazamiento de agua de un lugar a otro, a ser mal dimensionadas, generan gastos innecesarios de mantenimiento y gasto de energía que, según el trabajo de Méndez Dávila, asciende al 5% anual de lo que costo el trabajo de manipulación de agua.

También toma importancia la correcta selección del NPSH (Net Positive Suction Head), conocido como ANPA (Altura Neta Positiva en la Aspiración) de la bomba, para evitar la cavitación, daños en el impulsor y evitar el poco o nulo flujo de líquido por la tubería.

La edificación de la universidad Antonio Nariño, posee distintas tuberías instaladas en su interior, al remover estas tuberías se puede llegar a afectar la estructura del plantel, por tal motivo no se considera el cambio de la tubería instalada, el estudio de eficiencia tendrá que limitarse al sistema actual.

Para aumentar la eficiencia del sistema, requiere de una medición continua y exacta de las bombas, con el fin de realizar el mantenimiento preventivo y disminuir los correctivos, ya que las bombas centrifuga del plantel trabajan cumpliendo unos parámetros específicos para su óptimo funcionamiento como son (tensión máxima y mínima, intensidad programada, presión requerida entre otros) por lo tanto deben ser monitoreada constantemente y diseñar un plan de mantenimiento programado para mayor confiabilidad, eficiencia y una buena productividad en las bombas.

Todos estos antecedentes servirán de retroalimentación al proyecto presentado con el fin de recalcar la importancia del sistema de bombeo, en pro del mejoramiento de la energía eléctrica en la Universidad Antonio Nariño de Santa Marta. [2]

II. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El problema se basa en los altos pagos en recibos de energía eléctrica y de acueducto de las empresas prestadoras de servicio y la contaminación al medio ambiente al cual están asociados.

A nivel mundial han quedado probadas las diferentes formas de eficiencia energética a través del mejoramiento de la eficiencia de los sistemas, logrando en los vehículos y los electrodomésticos ejecuten la misma tarea, con menor cantidad de combustible los motores de alta eficiencia que consumen hasta un 2% menos energía que los motores comunes, las lámparas y luminarias led que emiten 7500 lumens y son de 7W mientras que la misma bombilla incandescente equivalente puede llegar a consumir hasta 100W, por tal motivo el consumo es mejor incrementando la eficiencia de un sistema [4].

Hoy en día las organizaciones con tal de mejorar su rendimiento y eficiencia energética, están en constante búsqueda de alternativas que ayuden a minimizar esta problemática para gestión de las organizaciones donde se implemente el sistema de eficiencia. En las industrias se viene implementado un sistema de

gestión energética el cual con el pasar de los tiempos y gracias a la creación de nuevas herramientas han permitido la disminución de costos de energía y ayudando al medio ambiente, para avanzar día a día, en este método es necesario seguir a la vanguardia de las innovaciones que vayan llegando al mercado y el aprovechamiento de recursos naturales, ya que juega un papel muy importante el gasto energético en cuestión de dinero y por otra parte el problema ambiental que está viviendo el mundo en estos tiempos.

La necesidad de realizar la indagación fue obstada por las fallas que se están presentando en la universidad Antonio Nariño ubicada en la calle 30 #49-46 troncal de caribe, sector Mamatoco, dado que el sistema de bombeo de agua potable pierde presión dejando de enviar flujo a los diferentes niveles del plantel cuando se realiza la actividad de riego en la institución.

Al impacto económico agregado y al aumento del costo por medidas de mantenimientos correctivos, que se genera por los múltiples encendido de las bombas al tratar de mantener la presión requerida en el sistema de HIDROFLO del cuarto de bombas.

Por ende, se llevó a cabo una investigación para establecer las causas que originan los reiterados fallos ocurridos en el sistema de bombeo.

Se realizó una inspección en el lugar, para observar el impacto del costo de mantenimiento de las bombas y de la tubería con base a la factura de agua y electricidad, para poder determinar si se puede realizar una mejora en la eficiencia y por lo tanto conseguir un ahorro de energía gracias a la observación de las fallas en el mantenimiento y mejoramiento del sistema de bombeo.

A. Planteamiento del Problema.

Todo lo expuesto anteriormente lleva a realizar las siguientes preguntas.

¿Cómo se puede disminuir el consumo de energía en la Universidad Antonio Nariño?

III. ALCANCES Y LIMITACIONES

Con este proyecto se plantea atacar el consumo elevado de energía eléctrica que demanda la Universidad Antonio Nariño, que se encuentra alrededor de los **\$10.647.470** por mes, siendo un gasto significativo para la institución. Así contribuye al mejoramiento del medio ambiente disminuyendo dicho consumo.

El proyecto aspira a entregar las hojas de vida de los motores con sus respectivas observaciones y tiempos de mantenimiento, además de una valoración del estado del equipo, también se entregarán planos de las mejoras al sistema eléctrico de la universidad, para el mejoramiento de la eficiencia, con su respectivo artículo científico de cómo se hicieron las validaciones.

Sabiendo que en el norte de Colombia se encuentra la región caribe donde este servicio es más costoso en comparación a otras regiones; como es de conocimiento esta energía no es de una fuente renovable, obstando que si el gasto de energía es menor ayudara al medio ambiente a reducir el calentamiento global y se reduce la inversión del dinero.

También se dio unas recomendaciones de un buen uso del sistema de bombas (agua potable, nivel freático, contra incendio

y pozo subterráneo) en la UAN con el fin de ponerlo en práctica, para que las bombas tengan mayor durabilidad y eficiencia, esto conlleva a menos consumo de energía eléctrica y también a menos costos de reparación.

Una limitación para este proyecto se evidencia que, en la universidad, no posee un plan de mantenimiento programado y por ende, se desconoce el tiempo que llevan sin ser intervenido o sin saber el tiempo de operación de los equipos, por lo tanto, solo se ejecuta mantenimiento correctivo cuando se presentan las fallas aumentando los costos en dicho procedimiento.

Otra de las limitaciones que se presenta en la ejecución del proyecto es el virus que está atacando a la humanidad entera (COVID-19), dado que se dificulta obtener las mediciones de las variables que intervienen en la realización del proyecto (planos, facturas etc.) obligando a estar cerrada la institución educativa.

IV. JUSTIFICACIÓN

Los operadores de red realizan la facturación de energía eléctrica sin conocer lo que la universidad posee en el interior; observando que en la institución no se toman mediciones ni se monitorea los equipos para verificar su funcionamiento, por tal motivo se necesita ejecutar un levantamiento de todo el sistema de bombeo y documentarlo en unas hojas de vida, para que las bombas tengan un adecuado seguimiento por parte del área administrativa, lograr así un sistema eficiente y confiable que beneficie al buen funcionamiento en su debido proceso.

Para que el método actual de bombeo sea más eficiente se implementará un sistema de riego que beneficia al personal de mantenimiento, debido a no tener que caminar con una manguera hidratando el pasto, lo cual conlleva a ciertos beneficios como son: El tiempo del personal de mantenimiento que puede ser utilizado en otras labores de mayor productividad.

En un ahorro de energía debido a que esta actividad, no será ejecutada por la bomba de agua potable que por ende se le reducirá el tiempo de operación de la misma.

En cuanto al punto de vista teórico y práctico se efectuó estudios con equipos especializados de medidas, que demostró el consumo de energía eléctrica que se demanda en el sistema de bombeo.

Desde el punto de vista metodológico, se tomó como referencia la observación directa de las manifestaciones que Según Barloto Nordelo [3], la Eficiencia Energética define la destreza de lograr objetivos productivos, utilizando la menor cantidad de energía posible.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo General

Rediseñar el sistema de bombeo, para el mejoramiento del uso eficiente de agua y energía de la universidad Antonio Nariño sede Santa Marta.

B. Objetivo Específicos

- Realizar levantamiento del sistema de bombeo actual de la edificación a nivel eléctrico e hidráulico.
- Evaluar el sistema hidráulico - eléctrico del lugar, para verificar si tienen fallencias, localizarlas y exponerlas para futuras soluciones.
- Elaborar plan de mejoramiento con base a las fallas encontradas.
- Analizar el Costo-beneficio del estudio estrategia recomendada.

VI. MARCO TEÓRICO

A. Análisis de los sistemas de bombas centrífugas

Una bomba es una máquina que convierte la energía eléctrica con que es accionada en energía del fluido a través de su debido proceso. A continuación, se muestra una bomba cortada por la parte transversal, como se puede observar, el impeler, impulsa el líquido que se encuentra dentro de la carcasa, elevando la presión en la salida, está a su vez succiona el agua que comienza a ingresar a la bomba.

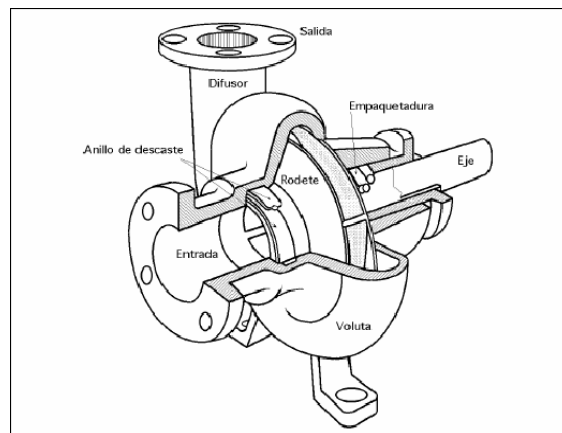


Fig. 1: Corte Transversal De una bomba centrífuga [1].

B. Funcionamiento de una bomba centrífuga.

La bomba está compuesta por dos partes, una es la cabeza y la otra es el motor, la cabeza es la que se encarga de centrifugar el agua para elevar la presión dentro de la carcasa y la segunda pieza es el motor, que es el que entrega el movimiento circular al a través de un eje central, este movimiento giratorio, junto a la forma de caracol le agregan energía potencial al flujo de agua [9]. A continuación, se muestra el despiece de una bomba centrífuga en el cual se denotan las dos grandes piezas que son el motor y la cabeza.

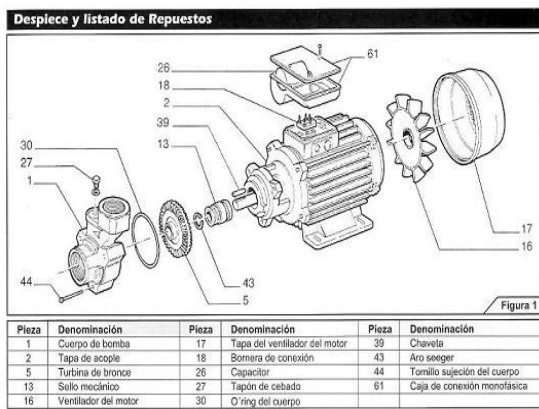


Fig. 2: Despiece de una Bomba centrífuga [4].

C. Partes de una Bomba

Como se aprecia en la figura 1, se pueden observar las siguientes partes:

Tubería de aspiración: que es por donde el fluido va a ingresar a la bomba y que concluye prácticamente en la brida de aspiración.

Impulsor o rodete: el impulsor o mejor conocido como impeler, es el que impulsa el líquido el cual genera la fuerza centrífuga que le da el movimiento al fluido, este posee varias formas, que dependen del fabricante y de la misión que la bomba valla a ejecutar.

La Voluta: Es una parte fija que se encuentra en forma de caracol alrededor del rodete a su salida, de tal manera que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior y va aumentando hasta que las partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión.

El difusor junto con el rodete, están encerrados en una cámara, llamada carcasa o cuerpo de bomba. El difusor está formado por unos álabes fijos divergentes, que, al incrementarse la sección de la carcasa, la velocidad del agua irá disminuyendo lo que contribuye a transformar la energía cinética en energía de presión, mejorando el rendimiento de la bomba.

El eje: es el que traslada el movimiento circular del motor hacia el impeler para poder utilizar el efecto centrífugo.

D. Aplicación de la bomba centrífuga.

La aplicación de las bombas es muy variada debido a la demanda del transporte de fluidos en las diferentes aplicaciones, como en el transporte de alimentos, el transporte de hidrocarburos... etc.

E. Bombas centrífugas.

Las bombas centrífugas de flujo radial se utilizan para cargas altas y caudales pequeños, sus impulsores son por lo general angostos. Las bombas radiales se llaman así, debido a que el impeler es radial y su entrada se encuentra al mismo nivel y dirección que la salida.

Las bombas de flujo mixto son bombas híbridas y son las más utilizadas, estas bombas poseen un impeler tipo mixto

debido a que hace circular el líquido a través de un golpe centrífugo axial.



Fig. 3: Bomba de flujo mixto [5]

F. Turbo aspersor

Es un instrumento mecánico que en la mayoría de los casos convierte un flujo líquido presurizado en rocío, utilizado normalmente para actividades de riego.

Es necesario de analizar que es un equipo que su función es de expulsar el agua por medio de una cortina, hasta donde su capacidad de presión y tipo de boquilla se lo permitan.



Fig. 4. turbo aspersor.

la capacidad de la carga y la potencia, cuando se modifica la velocidad o el diámetro del impulsor. A continuación, se presenta una lista de estas relaciones, denominadas leyes de afinidad. El símbolo N se refiere a la velocidad de rotación del impulsor, por lo general en revoluciones por minuto [10].

G. Leyes de afinidad

La mayoría de las bombas centrífugas se operan a velocidades distintas para obtener: diferentes capacidades, dado a que es susceptible a modificaciones, conforme a la forma del impeler. La velocidad de la bomba se modifica con la RPM entrante al equipo que se dimensionan en la parte de control del motor, hay equipos de arranque electrónico que pueden modificar la velocidad del motor que son los variadores de frecuencia. [13]

El Instituto Americano de Petróleo (API por sus siglas en inglés) es la única asociación comercial nacional que representa todos los aspectos de la industria de petróleo y de gas natural de Estados Unidos. Desde 1924, la API ha sido el líder en

el desarrollo de equipos y normas de funcionamiento para la industria de petróleo y gas natural.[10].

Entre los estándares publicados por este instituto se encuentra el API 610 titulado Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries, esta norma internacional especifica los requerimientos de las bombas centrifugas, incluyendo bombas funcionando en sentido inverso, como turbinas hidráulicas de generación de potencia [10].

Este estándar es aplicable a las bombas en voladizo, bombas entre cojinetes y bombas verticalmente suspendidas. La norma API 610 en su onceava edición publicada en el año 2010, la última hasta el momento [10].

VII. MARCO LEGAL

A. Norma NFPA

A nivel mundial todos los países tienen normalizado y regulado su sistema contra incendios, en estados unidos se utiliza el sistema **NFPA**, la cual se basan la mayoría de las normas diseñadas para este fin, esta norma establece los valores recomendados de bombas de agua, tuberías, sensores, controladores etc.

B. Norma NTC 1669, 2301 y 2885.

En Colombia la **NTC** (norma técnica colombiana) se encuentra dividida en 3, la NTC 1669 que es la norma de extinción contra incendios y es una homologación de la NFPA 14, la NTC 2301 homologada a NFPA 13 y la NTC 2885 que es la homologación de la NFPA 10.

Al diseñar un sistema de riego por aspersor y a su vez un sistema de bombeo completo contando con bombas de contra incendios, se debe tener en cuenta que tanto la NTC, como la NFPA el cálculo con las ecuaciones de Hazen-Williams y que la tubería maneja presión elevadas en cada red de distribución.

NTC 1775 Bombas centrifugas, bombas de flujo axial y mixto. Ensayos clase

NTC 1762 Válvulas de retención (cheque) de aleación de cobre.

NTC 1341 Accesorios de PVC rígidos para tuberías sanitarias.

NTC 2587 Tuberías de hierro dúctil. Acoples y accesorios para líneas de tuberías de presión.

NTC 4140. Es la norma técnica colombiana que estandariza el acceso y señalización de edificios a pasillos.

NTC 4145. Es la Norma técnica colombiana que estandariza el acceso y la señalización en edificios y escaleras.

Norma API 610 en su edición publicada en el año 2010.

C. POBLACION.

El estudio se llevó a cabo en la universidad Antonio Nariño sede santa marta, donde la población de estudiantes, docentes, servidores de la universidad y visitantes al plantel se vean beneficiado por un proceso continuo y de mayor eficiencia en el ende educativo.

VIII. MARCO METODOLÓGICO

A. Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollado en este trabajo es analítico - descriptivo, analítico y de campo porque se hace un análisis sistemático del problema, llevando a estudios sobre la realidad definiendo cuales son los factores que influyen en la problemática estudiada permitiendo explicar hacer analogía, comprender las causas que producen las debilidades y el establecimiento de nuevas teorías.

La presente indagación y estructura de su contenido a partir de la consulta bibliográfica, centra el tipo de investigación en un enfoque descriptivo cualitativo experimental permitiendo desarrollar una valoración analítica en torno a establecer una caracterización conceptual, que permita conocer la realidad presentada en el ente educativo en relación al rediseño y adecuación del sistema de bombeo que existe actualmente.

Según Tamayo y Tamayo M. [13] en su libro Proceso de Investigación Científica la investigación descriptiva, debido a la observación directa de las variables para exponerlas en el proyecto y plantear las posibles soluciones.

“Comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o proceso de los fenómenos.

Se recopilaron datos en la investigación, esto se realizó con la ayuda de equipos de mediciones como son: analizador de redes FLUKE 43B, pinza voltí amperimétrica marca FLUKE 374, que se instalo en el plantel educativo para realizar dicha investigación.

B. Diseño de la investigación.

Para llevar a cabo los objetivos específicos y así cumplir a plenitud el objetivo general se optó por los siguientes pasos:

Primera etapa. Recolectar la información necesaria para la realización del proyecto: datos como la potencia de los equipos como bombas, por medio de una visita a las instalaciones de la universidad y la documentación de las diferentes bombas del sistema, tipos de arranque de las mismas y en un formato elaborado en Word, se efectuó mediciones actuales de su consumo energético y diseño de hoja de vida de los equipos.

Segunda Etapa. Diagnóstico y mejoras de las fallas encontradas de las bombas: se propone implementar otro mecanismo para mejorar el funcionamiento y confiabilidad de los niveles y la parte de control de todo el sistema para minimizar el ciclo de encendido y apagado de las bombas, para disminuir el consumo generado por excesos no controlado de encendidos del equipo.

Se instalará un mecanismo de bombeo independiente para la parte del sistema de riego.

Tercera Etapa. Se efectuó diferentes mediciones para calcular la potencia requerida: se instaló analizador de redes en tiempo real, en proceso continuo con la potencia máxima de todo el sistema de bombeo, verificando tensiones e intensidades de las redes. Para lograr un uso eficiente de la energía en los cambios a realizar en dicho sistema de bombeo.

Cuarta etapa. Se creo un registro de las modificaciones a implementar, comparándolas con las actuales: se documentó las

modificaciones y se diseñó los diferentes planos: diagrama unifilar, planos de etapa de control, planos de etapa potencia, planos de los controles de niveles a instalar, hojas de vida de cada uno de los equipos a intervenir.

El sistema de bombeo es 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(alberca) de almacenamiento o directo a la red de distribución.

-En la observación, se notó el constante encendido y apagado de las bombas de agua potable, al subir la presión y al bajarla levemente, esto repercute en que se pueda suponer problemas de programación en el dispositivo de control (Que se encuentre mal configurado) además de asumir que hay fugas en la tubería de agua.

-En la parte del diseño se implementará el cambio de los niveles actuales, logrando así una confiabilidad en los diferentes procesos de bombeos.

-Existe un problema latente en el sistema de bombeo que fue identificado y que no ha sido solucionado, este genera costos innecesarios en los mantenimientos, como es la falta de una bomba para un sistema de riego independiente y eficiente para el plantel, se busco la mejor manera de solucionar dicho inconveniente, esto se explicó en los resultados de la investigación.

IX. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A. Sistema de Bombeo actual

El sistema eléctrico actual cuenta con un Transformador tipo Pad-Mounted de 630kVA como fuente principal para alimentar cargas de alumbrado, fuerza, aire acondicionado y sistema de bombeo de agua.

Siento este último el de interés de este artículo, por ello en la tabla 1. Se listan los equipos que componen dicho sistema con sus características de potencia nominal de acuerdo a la placa (columna 1) y su demanda energética (columna 2) para un promedio de uso de 6 horas/día.

EQUIPO	POTENCIA (W)	TIEMPO DE USO (H/DIA)	TIEMPO DE USO (H/MES)	CONSUMO MENSUAL KWH (Watt/1000)Xhora
Bomba freatico 1	1165	6	186	217
Bomba agua potable 1	6186	6	186	1151
Bomba agua potable 2	6186	6	186	1151
Bomba freatico 1	1587	6	186	295
TOTAL ENERGIA CONSUMIDA POR EL SISTEMA DE BOMBAS				2813

Tabla 1: Tabla de Consumo de bombas

De acuerdo a la tabla 1 la potencia instalada del sistema de bombeo es de **15.124kW** dichas bombas tienen un factor de potencia de 0.85 con esto se tiene una potencia aparente de **17.79kVA** que representa el **35%** de la carga instalada total.

Esta carga funciona más de 3 horas al día de forma intermitente, por ser una carga de potencia constante hace que la corriente se aumente o disminuya ante cambios bruscos de torque, estas bombas encienden una vez se abren las llaves de los lavamanos o

descarga de los sanitarios, lo que generan transitorios de corriente durante cada arranque, lo que conlleva a un aumento del consumo de energía que se ve reflejado en la facturación de los operadores de red.

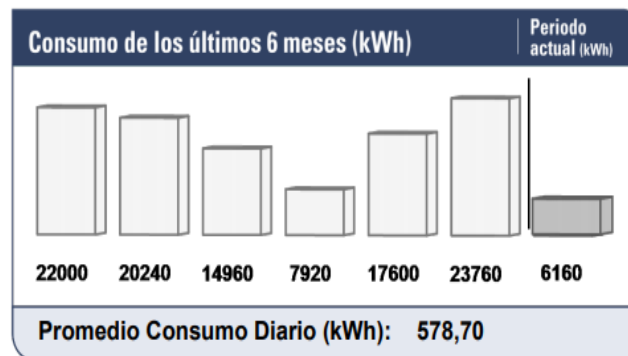


Fig. 5: promedio consumo de la universidad

Se continuó recopilando informaciones de la parte del sistema eléctrico y hidráulico del cuarto de bombeo de la universidad, donde el área administrativa de la sede, suministro los soportes de los planos que fueron fundamentales para identificar las fallencias que se presenta en la edificación actualmente, esta documentación se encuentra ubicada en los anexos de este artículo como son: planos eléctricos e hidráulicos y facturas de los consumos de agua y energía de la institución.

Se efectuó mediciones con un equipo analizador de redes marca **FLUKE43B** para determinar fallencias en el comportamiento de los equipos (motores y tablero de distribución) eléctricos y las redes.

Las mediciones están en un rango normal de operación (221V), en el tablero y en la bomba entre fases (221 V), las mediciones al sistema se dieron en un periodo de tiempo de 3 días en intervalos de 12 horas notando la estabilidad del sistema.

Con respecto a la parte hidráulica se modificó parámetro de presión en el sistema de hidroflo teniendo en cuenta el criterio del fabricante y la información suministrada por el plantel. Se realizó monitoreo del proceso de presurizado de las líneas de agua potable y se toman datos del tiempo que se realiza dicho proceso.

B. Fluctuaciones de energía.

La fluctuación de voltaje consiste en huecos de tensión que ocurren con rapidez causados por aumentos grandes o repentinos en la corriente de carga. La causa más frecuente de la fluctuación de voltaje es la variación rápida de cargas que requieren una gran cantidad de potencia reactiva.

Se toman diferentes mediciones a la red, por ende, permitió calcular el funcionamiento de las bombas de agua potable y así poder realizar mejoras para hacer los sistemas más eficientes y confiables.

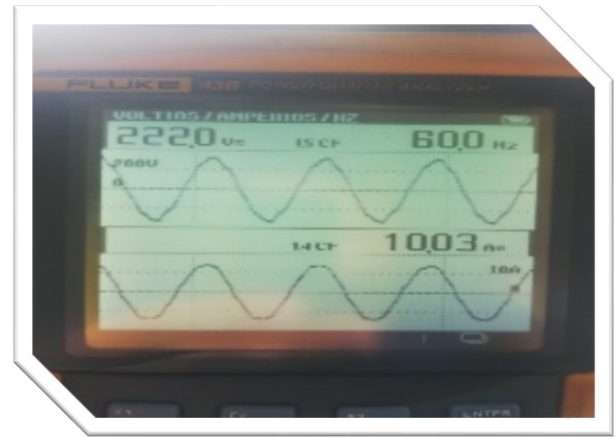


Fig. 7: potencia del equipo de bombeo en el proceso.

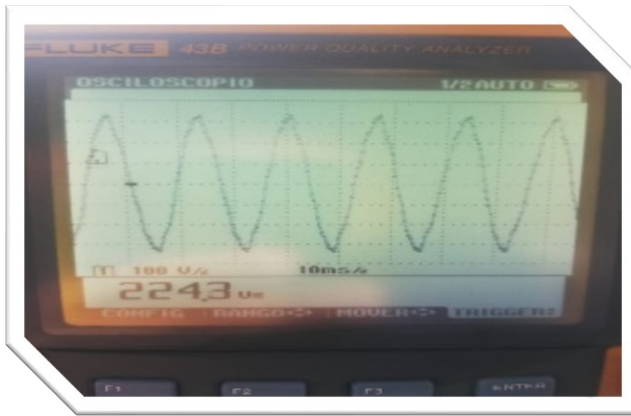


Fig. 6: Analizador de redes marca FLUKE43B

Basado al análisis realizado se observan picos elevados que se generan en milésimas de segundos en la puesta en marcha del equipo, logra alcanzar 4 a 5 veces su corriente nominal observando un consumo de hasta (76.5 AMP).

Se registro medidas de fluctuaciones tanto en los equipos en vacío como con carga y a su vez, en todo su funcionamiento minuciosamente para determinar falencias y anomalías en los equipos



CONSUMO DE LA UNIVERSIDAD			
FECHA	KWh	VALOR KW	FACTURACION
19/10/2019	22.000	484	\$10.647.470
19/11/2019	20.240	518	\$ 10.487.440
19/12/2019	14.960	535	\$ 8.009.540

Tabla 2: Tabla de facturas de tres meses del 2019

En dicho levantamiento y recopilación de la información se observó que la universidad está generando (22.000 KWh) por el valor del kilovatio (\$484 KW) = aproximadamente está generando un gasto de \$10.487.440 en consumo por mes, que se puede disminuir realizando ciertos cambios o mejoras en el sistema, se propone tener en cuenta las siguientes observaciones.

Instalar **ARRANCADOR SUAVE** para mejorar los picos de energía generado al encender la bomba de agua potable de la instalación educativa.

Se observo que la universidad no cuenta con un sistema de corrector de factor de potencia como es un (**BANCO DE CONDENSADORES**) exponiendo a penalizaciones por los operadores de red.

Disminuyendo los múltiples encendidos de las bombas de agua potable del plantel, instalando una bomba para la actividad de riego mejorando así el funcionamiento de las misma.

Realizando un ahorro de los metros cúbicos consumido mensualmente y a su vez un aprovechamiento del preciado líquido, dado que la universidad está consumiendo aproximadamente de (10 a 15 mts cubico de agua por día) dando

un valor en pesos de alrededor de **\$2.253.000** de cargos mensuales, donde la universidad tiene la disponibilidad de tomar el suministro de agua para el sistema de riego, por parte del pozo subterráneo que posee en la parte posterior del plantel, disminuyendo la cantidad los metros cúbicos que demandaba a la empresa prestadora de servicio (E.S.S.MAD)

B. Evaluar el Sistema hidráulico – eléctrico del lugar, para verificarla si tiene falencia, localizarlas y exponerlas para futuras soluciones.

En base a estas inquietudes, se organizó los datos del sistemas eléctricos e hidráulicos de UAN sede Santa Marta, se logró realizar diferentes estudios para así poder encontrar diversas falencias que afectan el sistema, que se expondrá para futura solución. Debido al análisis realizado en el cuarto de bombas se encontró varias falencias como son:

Un alto consumo innecesario debido a los múltiples arranques de la bomba de agua potable, cada vez que su presión baja a (50 PSI) el motor eleva 7 veces su corriente nominal en cada puesto en marcha; está acción la realiza de 7 a 8 veces por minuto cuando se ejecuta la actividad de regado de plantas. Siendo así un factor de alta demanda en KW, que se ve reflejado en la facturación del operador de red (Electricaribe).

Ya que la universidad no posee un sistema de riego y esta función la cumple la bomba de agua potable de la edificación su presión no se estabiliza, por ende, son los múltiples arranques de dicho equipo y se vuelve inestable el sistema.

Se realizó un estudio a la parte hidráulica para implantar un sistema de riego independiente, que les permita disminuir la carga de las bombas de agua potable para que la demanda de dicha bomba disminuya, ayudando así a mantener la presión estable, dándole mayor durabilidad y continuidad al proceso de presurización de las líneas de agua potable del plantel, logrando así una eficiencia en el proceso a continuación, se muestra el registro fotográfico de las bombas instaladas en el lugar.



Fig. 8: Fotos de las bombas agua potable instaladas en la universidad.

Se propone un sistema de 10 turbo aspersores que se encontraran ubicados en la parte de la entrada principal (jardín) y parte perimetrales, estos equipos se encuentran alimentados por una tubería de 1” en PVC para presión, a una profundidad de 30 cm y una salida de 35 PSI para cada aspersor.

La tubería de succión de la bomba que se requiere instalar posee una longitud introducida en la alberca de 2.4 mts y 80 cm desde el codo de la salida de la alberca hasta el punto de succión de la bomba, se trazo el tramo más corto posible para ayudar a la bomba y así lograr mantener el NPSH disponible, se diseñó en un plano hidráulico que se encuentra plasmado en el calculo de la bomba.

Se dispuso de una válvula check en la entrada para evitar que la bomba pierda la seba y así mismo evitan la cavitación en caso de apagado o de no funcionamiento, después de la unión de las bombas, el fluido envía el aire por todas las tuberías hasta el final, llenando el sistema y aumentando la presión hasta que la válvula de sobrepresión alivie las tuberías.

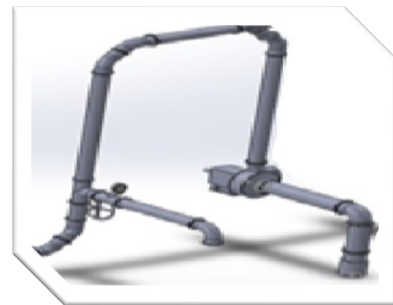


Fig. 9: Arte conceptual del cuarto de Bombeo en SolidWorks.

Se hallo los controles de niveles de las bombas de agua lluvia y niveles freático en malas condiciones, por ende, se ejecutó los respectivos cambios logrando así, que los equipos no queden funcionando en vacío ocasionando una carga innecesaria para el sistema y el deterioró de la vida útil de las bombas. (Ver fig.13).



Fig. 10: niveles actuales de la alberca Vista Interna.

Por ende, se ha tenido inconveniente con los mecanismos de bombes y han ocasionado que las bombas se

aterriken dejando el sistema de drenaje (FREATICO) de aguas lluvias del parqueadero deshabilitado, colocando en riesgo la universidad en tiempos de invierno.

Ya que el segundo semestre del 2018 se presentó una calamidad inundando toda la parte inferior (PARQUEADERO) de la universidad y no respondió el sistema de evacuación de aguas lluvia (B. FREATICAS), donde toco adoptar medidas alternas como lo fueron bombas provisionales, generando un gasto adición al a la universidad por su alquiler.



Fig. 11: Reparación de Bomba Averiada

C. Plan de mejoramiento

Para realizar dicho plan de mejoramiento se requieren diferentes puntos, uno de ellos es diseñar el plano hidráulico del sistema de riego, cálculo de selección de bomba, seguido de los planos eléctrico tanto de potencia como de control, que se dejaran anexado en el documento.

Se presenta en la figura 12. El diagrama hidráulico del dimensionamiento de la bomba de riego y la cantidad de puntos de aspersores a instalar que tendrá dicho sistema, tanto la distancia de las tuberías de succión como la tubería de descarga hasta los puntos finales de los equipos de aspersores.

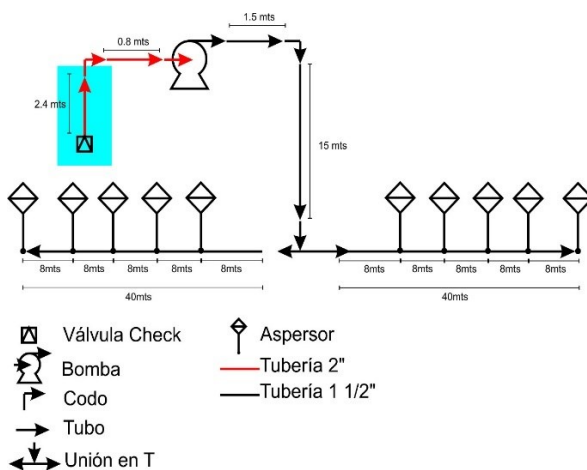


Fig. ¡Error! Marcador no definido.:diagrama hidráulico del sistema de riego

1. Cálculo de la Bomba del Sistema de Riego

Para determinar si la bomba se encuentra dimensionada correctamente, se requiere del cálculo de la bomba para verificar la demanda.

Para realizar el cálculo de la bomba, se ejecutó las siguientes conversiones.

$$Q = \frac{2000l}{20min} = \frac{100l}{min} = \frac{1.6l}{seg} = \frac{6000l}{h} = \frac{6m^3}{h}$$

Se asume que se llenaran los tanques elevados de la universidad en 20 minutos (2 tanques de 1000 lts), y se realizó las conversiones sobre unidad de tiempo para el sistema.

Como en el sistema hay una tubería instalada, se haya las velocidades de carga y descarga de la bomba, teniendo en cuenta que la tubería instalada en el lugar:

$$D_{des} = 1.5''$$

$$D_{suc} = 2''$$

Donde la tubería del pozo a la bomba es de 2" y la tubería de agua es de 1.5", teniendo en cuenta esta información se haya la velocidad de succión y descarga del sistema.

$$V_{des} = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D_{des}^2} = \frac{4 \frac{6m^3}{(3600seg)}}{\pi (0.043m)^2} = \frac{4(6m^3)}{\pi (0.043m)^2 (3600seg)} = 1.148m/seg$$

$$V_{suc} = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D_{suc}^2} = \frac{4 \frac{6m^3}{(3600seg)}}{\pi (0.0542m)^2} = \frac{4(6m^3)}{\pi (0.0542m)^2 (3600seg)} = 0.722m/seg$$

Teniendo la velocidad del líquido en la succión y la descarga, se procede a implementar la ecuación de la energía en base a Bernoulli, para poder dimensionar la bomba requerida para el sistema a instalar.

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 - H_{f(1-3)} + \eta w_r = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2$$

Donde:

- P Es presión
- g Es la Gravedad (9.8 m/seg)
- V Es velocidad del fluido
- γ Es el Peso específico del Agua
- Z altura con respecto al nivel de referencia (Superficie del agua)
- $H_{f(1-3)}$ Son las pérdidas que van desde Uno a 3 (desde la superficie del agua hasta la última salida)
- η Rendimiento de la Bomba
- w_r Energía de la Bomba

Reemplazando los valores en la ecuación de Bernoulli se obtiene.

$$\frac{(0.722 \frac{m}{s})^2}{2(9.8 \frac{m}{s^2})} - H_{f(1-3)} + \eta w_r = \frac{344738 \frac{N}{m^2}}{9.810 \frac{N}{m^3}} + \frac{(1.148 \frac{m}{s})^2}{2(9.8 \frac{m}{s^2})} + 1m'' +$$

Resolviendo la ecuación se obtiene que:

$$\eta w_r = H_{f(1-3)} + 36.1m$$

Según la fórmula de Darcy-Weisbach.

$$h_f = f \frac{LV^2}{2gD}$$

Dónde:

- h_f Es pérdida de carga debida a la fricción.
- f es el factor de fricción de Darcy. (adimensional)
- L es la longitud de la tubería. (m)
- D es diámetro de la tubería. (m)
- V es la velocidad media del fluido. (m/s)
- g es la aceleración de la gravedad $\approx 9,80665 \text{ m/s}^2$.

Para encontrar el factor de fricción de Darcy se deben tener en cuenta la siguiente ecuación:

$$Nre = \frac{DV}{r}$$

Dónde:

- Nre Es el número de Reynolds.
- r Es la viscosidad del agua.

Reemplazando en la fórmula del número de Reynolds. Se obtiene las pérdidas en la succión y las pérdidas en la descarga.

$$Nre_{des} = \frac{(0.043m)(1.148 \frac{m}{s})}{1 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 49364.$$

Numero de Reynolds en la Succión.

$$Nre_{suc} = \frac{(0.0542m)(0.722 \frac{m}{s})}{1 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 39132.4$$

Numero de Reynolds en la Salida de la Bomba.

La rugosidad relativa se define como el cociente entre el diámetro de la tabulación y la rugosidad absoluta (ϵ/D).

$$Rr = \frac{\epsilon}{D}$$

Por tanto, la rugosidad relativa de la succión es:

$$Rr_{Suc} = \frac{0.09mm}{43mm} = 0.002$$

Por tanto, la rugosidad relativa de la descarga es:

$$Rr_{Des} = \frac{0.09mm}{54.2mm} = 0.001$$

Según (Osorio Escamilla & Rodríguez Gutiérrez, 2004, pág. 70) la rugosidad de una superficie, varía mucho.

Según la tabla de rugosidad de materiales, la rugosidad de la tubería de acero comercial y soldado, varía entre 0.03 a 0.09 y escogiendo este último en el caso más extremo para el cálculo. La rugosidad es de 0.09 mm y el diámetro del tubo es de 54.2 mm para la tubería de 2" y para la tubería de 1.5" es de 0.09 mm en el caso de su rugosidad y el diámetro del tubo es de 54.2 mm, por lo tanto, según Moody, su coeficiente es de 0.042 para la succión y 0.039 para la descarga. Por tal motivo.

Tabla 3: Tabla de rugosidades relativas.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

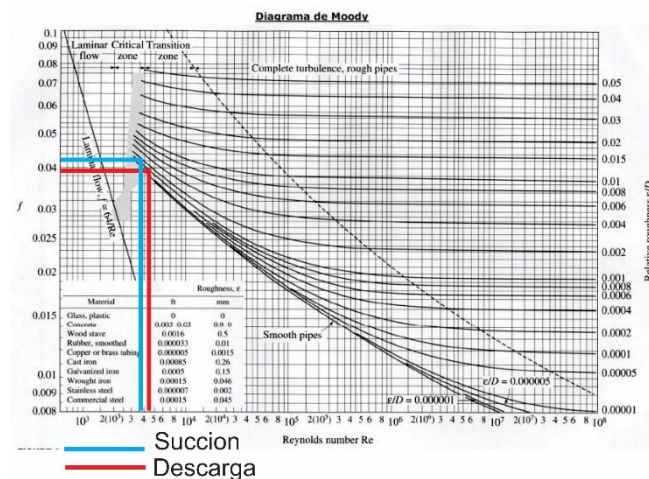


Fig. 12: Diagrama de Moody

De [7] se tiene que.

$$L_{eq\ Suc} = 10 + 15 * 0.2032 + 20 * 0.2032 = 17 m$$

Se busca la Longitud linear de la descarga o salida.

$$L_{eq\ Des} = 50 + 15 * 0.01524 + 15 * 24 + 10 * 0.01524 = 53 m$$

Se muestra la tabla de equivalencia por pérdida de accesorios, que por medio de ella se modifican los elementos instalados por una distancia lineal establecida.

DIAMETRO INTERNO (m.m.)	CURVA 90° R-5D	CURVA 90° R-2D	CODO	TE	MANGUERA R-100	DIAFRAGMA ABIERTA	MANQUITO	MACHO PASO RECTO	TECH TAYLOR
LONGITUD EQUIVALENTE EN m. DE TUBO RECTO DE IGUAL RESISTENCIA AL FLUJO.									
25	0.52	0.70	0.82	1.77	0.30	2.56	---	0.37	---
32	0.73	0.91	1.13	2.38	0.40	3.29	---	0.49	---
40	0.85	1.10	1.31	2.74	0.49	3.44	1.19	0.58	---
50	1.07	1.40	1.68	3.35	0.55	3.66	1.43	0.73	---
65	1.28	1.85	1.98	4.27	0.70	4.60	1.52	0.85	---
80	1.55	2.07	2.47	5.18	0.85	4.88	1.92	1.04	0.20
90	1.83	2.44	2.90	5.79	1.01	---	---	1.22	---
100	2.13	2.77	3.35	6.71	1.16	7.62	2.19	1.40	0.23
115	2.41	3.05	3.66	7.32	1.28	---	---	1.58	---
125	2.71	3.66	4.27	8.23	1.43	13.11	3.05	1.77	0.30
150	3.35	4.27	4.88	10.06	1.55	16.29	3.11	2.13	0.37
200	4.27	5.49	6.40	13.11	2.41	19.81	7.92	2.74	0.82
250	5.18	6.71	7.92	17.07	2.99	21.34	10.67	3.47	0.61
300	6.10	7.92	9.75	20.12	3.35	28.96	15.85	4.08	0.76
350	7.01	9.45	10.97	23.16	4.27	28.96	---	4.88	0.91
400	8.23	10.67	12.80	26.32	4.88	---	---	5.49	1.04
450	9.14	12.19	14.02	30.46	5.49	---	---	6.22	1.16
500	10.67	13.11	16.85	33.48	6.10	---	---	7.32	1.28

Tabla 4: equivalencia de pérdida de accesorios.

Las Pérdidas en la succión son.

$$H_{f(1-3)}\text{Suc} = (0.042)(17) \frac{(0.722)^2}{2(9.8)(0.0542)} = 0.35m$$

Las Pérdidas en la descarga son.

$$H_{f(1-3)}\text{Desc} = (0.039)(53) \frac{(1.148)^2}{2(9.8)(0.043)} = 3m$$

$$H_{q\text{Total}} = H_{\text{suc}} + H_{\text{descarga}} = 0.35m + 3m = 3.35m$$

$$\eta w_r = 3.35m + 36.1m = 39.45m^3$$

La potencia necesaria para mover la bomba está dada por la siguiente fórmula.

$$P = HQr$$

Dónde:

H Es la cabeza

Q Es el caudal

r Es peso específico del agua.

$$P = (39.45m) \left(0.01667 \frac{m^3}{s} \right) \left(9,800 \frac{N}{m^3} \right) = 6.4447W$$

$$= 6.44 KW = 8.63618 HP$$

La bomba si cumple con la potencia.

La bomba seleccionada con el caudal(35.19GPM) que demanda, brinda 10 salidas de aspersores con una caudal de (3.66GPM) para cada punto determinado.

D. Curva de característica de la bomba

Teniendo en cuenta la potencia que arrojo el cálculo anteriormente realizado para el sistema de riego, que brindo seleccionar bomba.

Se dispuso a explicar la curva de característica del fabricante del equipo.

Ya que la universidad cuenta con un sistema uniforme en la línea de motobombas marca BARNES-WEG, se continúa trabajando con dicho proveedor.

En la figura #14 se presenta un gráfico de relación de carga(H) – caudal(Q), que garantiza el equipo seleccionado.

Se visualiza la curva de la bomba y la curva del sistema, que donde se conectan las curvas, se localiza el punto de trabajo requerido por el fabricante, a diferente presión y volumen del caudal de la motobomba.

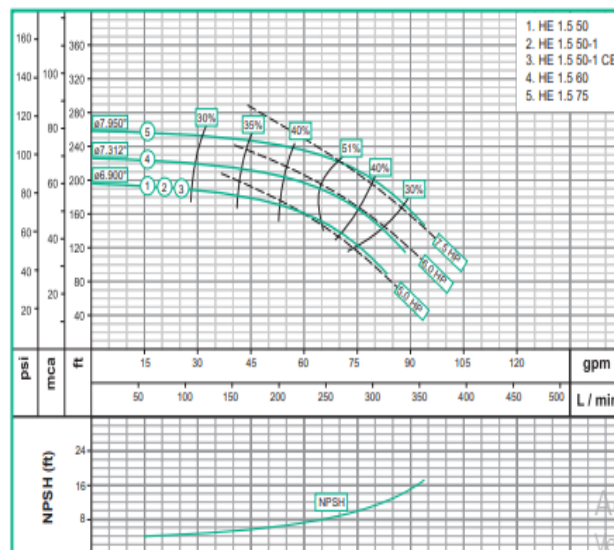


Fig. 13: curva de característica.

E. Bomba seleccionada

Dedico al proceso anteriormente explicado se logró seleccionar un equipo a utilizar en dicha actividad, exponiendo sus diferentes especificaciones tanto eléctrica como hidráulica.

Características del Motor	
Tipo	Eléctrico
Potencia	5.0/6.0/7.5Hp(Segun modelo)
Diseño	NEMA JM
Velocidad	3.600 RPM (nominal)
Aislamiento	Clase F
Voltaje	220/440
Factor de servicio	1,15
Frecuencia	60Hz
Fases	1 ó 3 (Según modelo)

Fig 14: especificaciones del motor según fabricante.

Características de la bomba	
Tipo de bomba	Centrífuga
Tipo de acoplamiento	Monobloque
Succión	1-1/2" NPT
Descarga	1-1/2" NPT
Tipo de impulsor	Cerrado <small>Balanceado dinámicamente según ISO G6.3</small>
Cantidad de impulsores	1
Tipo de sello	Sello mecánico 1-1/4" TIPO 21
Temperatura Max. Líquido	158° F (70 ° C) Continua

Fig 15: especificaciones de la bomba según fabricante.

F. Elaboración de plano eléctrico sistema de riego

Se analizó las conexiones pertinentes a los motores y contactores que se utilizó para el arranque directo que se instaló al sistema de riego, si se desea un consumo moderado al momento del arranque se debe instalar un variador de frecuencia o un arrancador suave.

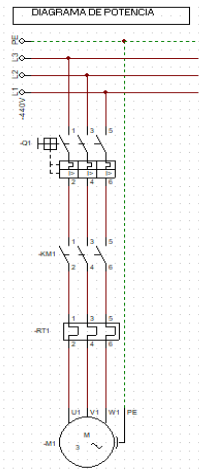


Fig. 16: Diagrama de potencia para el arranque directo de la bomba del sistema de riego.

Como se puede apreciar, el motor está conectado a un contacto de potencia en serie con un térmico que se encuentran gobernados por el siguiente diagrama de control a base de lógica cableada.

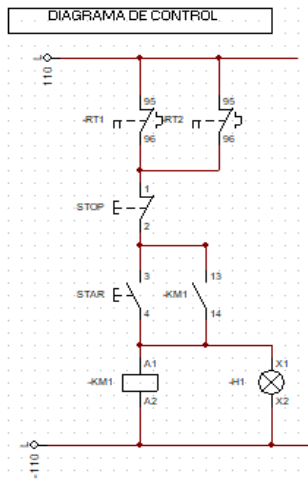


Fig. 17: diagrama de contactos del arranque directo.

Este sistema se encuentra comandado por la etapa de mando, que es un pulsador START e interrumpido por el pulsador STOP.

Se diseñó un plano de la parte hidráulica, que permita identificar las ubicaciones de los puntos de salida y la toma del fluido para el sistema de riego que se instala en la edificación educativa.

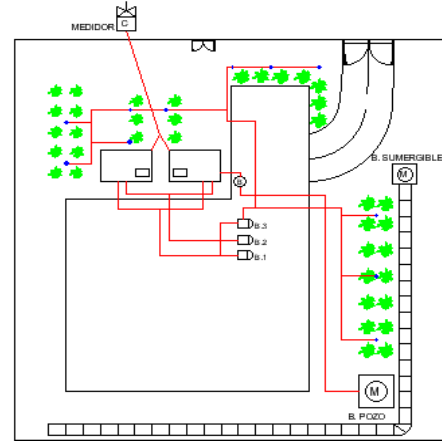


Fig. 18: Plano de sistema Hidráulico.

G. Elaboración de un plan de mejoramiento con base a las fallas encontradas en el lugar rediseñado y calculando las mejoras para su estudio de viabilidad futura.

Se realiza una visita a la universidad Antonio Nariño, se observa que se encuentra un sistema de bombas instaladas, dicho sistema está dimensionado y cumple con la demanda de la universidad, se toma con base a la observación el plan de mejoramiento de las mismas con respecto al mantenimiento y lógica de funcionamiento.

Se realiza el cálculo de la bomba de sistema de riego que se tomó como ejemplo para ejecutar los siguientes cálculos a las bombas instaladas en el plantel, se deja los datos obtenidos en la tabla que se muestra a continuación.

CALCULO DE POTENCIAS DE LAS BOMBAS INSTALADAS EN LA UNIVERSIDAD					
BOMBAS	H (mts)	Q (m3/s)	r (Kg/m3)	P (W)	P (HP)
riego	39.45	0.01667	9,8	6.444	8.5
agua potable 1	78	95	9,8	72.618	7.5
agua potable 1	78	95	9,8	72.618	7.5
contra incendio	48,7	0.0463	9,8	22.097	30
jokey	12,3	0,0213	9,8	2.567	3.0
freático 1	13.1	0.0212	9,8	2.721	3.6
freático 2	14.3	0.0204	9,8	2.858	4.0
agua lluvia 1	11.3	0.0326	9,8	3.610	4.6
pozo	11,6	0.0221	9,8	2.512	3.0

Tabla 5: potencia de las bombas del plantel

El tercer objetivo consistía en elaborar un plan de mejoramiento con base a las fallas encontradas en el lugar, rediseñando y calculando las mejoras para su estudio de viabilidad futuro. Después de evaluar el sistema de la edificación y encontrando que posee un alto número de encendido de la bomba. Se implemento diversos cambios tanto en la parte hidráulica como eléctrica.

Se realizó una mejora en el mecanismo de hidroflo que permitió a disminuir el consumo en la estación de bombeo, para así reducir los ciclos de encendido de la bomba cuando pierde presión.

Modificando los parámetros de presión establecida en el presostato, estando anteriormente en (50 PSI) para encendido, se bajó a (40PSI) disminuyendo así un porcentaje en el ciclo de arranque, se modificó ese parámetro con base al fabricante y la recopilación de información de los planos hidráulicos del plantel.

Quedando en funcionamiento de la siguiente manera:

Encendido de bomba **(40 PSI)**

Apagado de bomba **(80 PSI)**

Para continuar optimizando el sistema se requiere instalar una bomba independiente para la actividad de riego, para así disponer de la bomba de agua potable solo para los niveles de la institución logrando mantener las líneas presurizada por mayor tiempo y evitando la cantidad de arranque de la misma.

Se continúa evaluando el sistema, observando en la parte eléctrica que posee un tipo de arranque por contactor **(0910)** marcha **CHNT**, que no es eficiente para dicho proceso, por ende, se decide cambiar la metodología de encendido, por un equipo electrónico que reduzca los picos elevados en el consumo en su puesta en marcha, como lo es un **ARRANCADOR SUAVE** marca **SIMENS SIRIUS** de potencia de 7,5KW debido a que con este tipo de arrancador tendrá un ahorro en su consumo, cuando realice su rampa de aceleración y a su vez les alargara la vida útil de los cojinetes, rodamientos, tapas y sellos de los equipos en general.

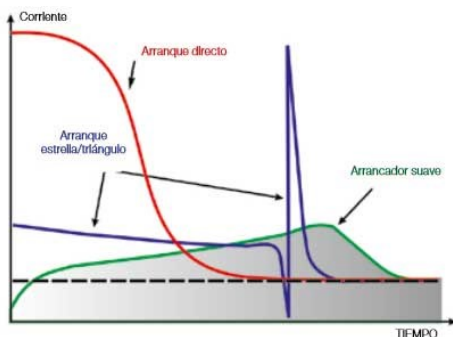


Fig. 19: gráfico corriente vs tiempo para arranque de motores [16].

Debido a la pérdida de presión generada por la actividad de riego y los múltiples encendido de la bomba de agua potable para llegar a la presión requerida del plantel, se opta por calcular y seleccionar una bomba alterna para dicha actividad, implementando nuevos puntos de descarga y bloqueando salida de la bomba actual, para así disminuir la pérdida de presión y los múltiples encendido.

Dado que el sistema de niveles actuales no es eficiente, por ende, ya han tenido serios inconvenientes en los activos del plantel, se realiza la investigación para mejorar su

funcionamiento y eficiencia. Se recomendó realizar cambios de los instrumentos de medida por unos más sensibles, eficientes y adaptable al medio que se expone los elementos.



Fig. 20: Niveles de bolla fija

X. ANÁLISIS DE COSTO- BENEFICIO

A. Analizar el Costo-beneficio del estudio estratégico recomendada

Método se puede medir la relación entre costo y beneficios asociado a proyectos de inversión, con el fin de buscar su rentabilidad.

Se desea ejecutar una inversión para implementar un diseño de un tablero con equipos electrónico, eficientes que permitan realizar un ahorro energético al plantel.

La inversión inicial para el proyecto será la siguiente:

Inversión			
Cant.	Artículo	Valor U.	Valor T.
1	Diseño de tablero	\$350.000	\$350.000
1	Tablero eléctrico		
1	100x80x30	\$255.000	\$255.000
2	Arrancador suave		
2	siemens	\$2.640.000	\$5.280.000
2	Pulsador star/stop	\$9.300	\$18.600
2	Guardamotor 9a		
2	14	\$123.000	\$246.000
1	Rollo cable		
1	vehicular n 18	\$57.000	\$57.000
1	Riel din	\$8.500	\$8.500
2	Canaleta ranurada		
2	40x40 dexson	\$24.300	\$48.600
30	Cable # 12	\$2.100	\$63.000
	Mini breaker		
1	bipolar de 5 AMP	\$21.300	\$21.300
	Liquit light		
4	flexible de 3/4	\$9.350	\$37.400
	Terminales tipo		
100	Ferrol #18	\$230	\$23.000
	Tubos de 1/2 tipo		
15	pvc	\$2.450	\$36.750
	Presostato de una		
1	salida	\$27.900	\$27.900
	Mano de obra de		
1	instalación	\$650.000	\$650.000
Valor Total			\$7.122.700

Tabla.5 Inversión de instalación de tablero de arrancador suave.

En la tabla que se muestra a continuación se observa la inversión de los materiales para la implementación de la parte hidráulica del sistema de riego de la institución.

INVERSION DEL SISTEMA DE RIEGO			
cantidad	elemento	valor und	valor total
1	bomba de 7.5 kW	\$ 1.650.000	\$ 1.650.000
22	tubería PVC de 1"	\$ 12.000	\$ 264.000
16	codos de 1"	\$ 6.500	\$ 104.000
1	tubos de hierro de 2"	\$ 58.000	\$ 58.000
1	cheque de 2"	42.000	\$ 42.000
5	unión universal de 1"	\$ 11.000	\$ 55.000
1	pegante para tubería	\$ 18.000	\$ 18.000
12	aspersores de 1"	\$ 23.000	\$ 276.000
TOTAL			\$ 2.467.000

Tabla 6: Inversión de instalación hidráulica del sistema de riego.

Se realizó un balance de los gastos de las inversiones propuestas, tanto como del tablero eléctrico y la de instalación del sistema de riego dando un total **\$9.589.700** para llevar a cabo los diferentes montajes en la institución educativa.

Se efectuó un balance de las facturas de servicio público de agua potable y energía eléctrica de unos meses establecido para determinar cuál era el monto que devengaba la universidad.

Con estos valores se analizan los promedios que se vienen generando para luego compararlos y poder ver en cuanto tiempo se retorna la inversión a la universidad.

GASTOS EN AGUA Y ENERGIA 2019			
ENERGIA		AGUA	
OCTUBRE	\$10.647.600	OCTUBRE	\$5.584.750
NOVIEMBRE	\$10.487.400	NOVIEMBRE	\$5.523.400
TOTAL	\$21.135.000	TOTAL	\$11.108.150

Tabla 7: fracturas de la empresa prestadora de servicio.

Se tomó la demanda de la bomba de agua potable del plantel (**1151kwh/mes**) que es la afectada por no poseer un sistema de riego y se efectuó el cálculo con el valor del kW (**\$434**), teniendo en cuenta el consumo total en la institución.

Se puede decir que tendrán un ahorro de **\$499.534** por mes; implementando los cambios propuestos, para obtener un ahorro en la facturación de energía eléctrica.

Según los balances establecidos, se puede decir, que se restituye la inversión en un periodo de tiempo de un **año y seis** meses después de ejecutada la obra, dejando un sistemas más eficiente y confiable.

XI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

El estudio y análisis detallado de toda la información disponible permitió identificar oportunidades de mejora de la disponibilidad de los activos estudiados por la vía del incremento de la vida útil de los equipos a operar.

La gestión de la energía es una práctica de mejora continua del desempeño energético dentro de las acciones normales dentro de una organización. Es por tal motivo que se efectuó dicho estudio para la mejora de la eficiencia energética en los equipos de bombeo de toda la edificación, mejorando los diferentes puntos.

mejorar el rendimiento y el gasto de energía eléctrica en cuestión de dinero, así como de reducir el impacto ambiental y el cambio climático.

Para Concluir los objetivos específicos se tuvo en cuenta las estadísticas del funcionamiento de la parte eléctrica de las bombas y la parte de las tuberías, se pudo realizar el levantamiento del sistema de bombeo actual tanto a nivel eléctrico como hidráulico.

Como aspectos concluyentes se plantean los siguientes:

1. Uno de los principales problemas que provocaba las fallas habituales era el no poseer un sistema de riego independiente, dado que esa actividad se realiza dos veces por día, en un lapso de tiempo aproximado de una hora, donde la bomba de agua potable que realiza dicho proceso trata de mantener la presión requerida para todo el plantel, por ende, realiza múltiples encendido para mantener las líneas presurizada y mantener el fluido en los diferentes niveles de la institución.

realizando esa actividad la bomba de agua potable del plantel, la cual no mantenía la presión requerida en el proceso de regado de planta, obligada a realizar múltiples encendido para recuperar la presión programada de trabajo.

2. generando una demanda elevada en el consumo que se ve reflejada en la facturación de la empresa prestadora de servicio; en adición a las pérdidas por fluido (agua) en los diferentes niveles de la instalación.

3. Mejorando el sistema de presión que venía presentado un consumo elevado por la mala configuración del sistema presión (hidroflo) que generaba unos ciclos muy cortos para recuperar la presión de trabajo, obligando a realizar encendido innecesario para mantener el sistema hidráulico presurizado, por ende, disminuía la vida útil de los equipos de bombeo de agua potable.

4. Dado que la parte de control con contactores no es eficiente para un sistema de bombeo que efectúa múltiples encendidos en tan corto periodo de tiempo, se cambió por un arrancador suave que es más eficiente y disminuye los picos elevados de corriente en su puesta en marcha, realizando así un ahorro energético significativo para el plantel.

5. Debido a no poseer unos niveles óptimos para su proceso, ocasionando un trabajo innecesario en los equipos de extracción de agua residuales y de agua lluvia, siendo así causantes de costos elevados en los mantenimientos correctivos de los activos y también un punto de aumento en el consumo de energía eléctrica, por ende, se realizó el cambio de los instrumentos de niveles por unos más sensibles, eficientes y adaptable al medio que se expone los elementos.

6. Se dispone de unas hojas de vidas, para realizar un folio de todo el sistema de bombeo de la universidad Antonio Nariño, quedando a disposición para el plantel, para continuar llevando informaciones de los procedimientos que se les realicen a los equipos estudiados.

El análisis detallado de toda la información disponible permitió identificar oportunidades de mejora, por la vía de la vida útil de los equipos en operaciones, contando con fichas técnica y hojas de vida de todos los equipos del cuarto de bomba y del sistema de presurización del plantel.

B. Recomendaciones

Al finalizar el artículo realizado, se dejarán unas recomendaciones para que la parte administrativa de la universidad las tenga en cuenta, para continuar con un crecimiento en el ahorro energético y mejoramiento al medio ambiente como son:

1. Se tendrá un conocimiento veraz y confiable con la información obtenida y una fuente de documentación propia, de cada uno de los equipos del sistema de bombeo que permita tener una mejor perspectiva a la hora de intervenir cualquier mecanismo del cuarto de bomba como son: motores, bombas, tablero eléctrico, sistema de hidroflo etc.

2. Tendrá un ahorro en la facturación del servicio de agua potable, disponiendo del **pozo subterráneo** que poseen en la parte posterior de la universidad, dado que se le realizó estudio al fluido (agua), que fue óptimo para necesidades de los baños y actividades de riego. Ya que poseen tubería de descarga, medidor de agua de pozo y comunicación directa a la alberca #2. Que tiene una capacidad de 50 MTS cúbicos de agua de almacenamiento, independiente de la alberca #1.

3. Se recomendó efectuar un análisis para diseñar un mecanismo de corrección de factor de potencia en el plantel, como los **bancos de condensadores** que ayudan a corregir dichos factores, dado que poseen equipos que generan reactivos a la red, ayudando así a la universidad a no recibir penalizaciones por la empresa prestadora de servicio. Debido a que los operadores de red realizan sanciones, si sobre pasan el 50% kW consumido al mes.

4. Se recomendó un programa organizado de mantenimiento predictivo y preventivo para todo el sistema de bombeo del plantel, dejando documentado todos los aspectos encontrados en el formato de hoja de vida que se entregara a la universidad, para así llevar un control detallado de los equipos en general, y disminuir los mantenimientos correctivos que solo se están realizando en el ende educativo.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. A. MÉNDEZ DÁVILA , «SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA DE MINA PARA UN CAUDAL DE 1000 L/s ALTURA ESTÁTICA DE 150 MTS. EN EL NV. 3990 U.E.A.UCHUCCHACUA DE LA CIA. DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A.» UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ , HUANCAYO-PERÚ, 2012.
- [2] C. F. SOTO ROMERO, «TÉCNICA DE CONTROL AUTÓNOMO DE UN SISTEMA DE " BOMBEO DE AGUA POTABLE PARA UNA MAYOR EFICIENCIA EN SU SERVICIO EN LA UNIDAD DOE RUN PERÚ-COBRIZA.» UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, HUANCAYO-PERU, 2012.
- [3] O. Torres, «SlideShare.» 19 11 2016. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/gabrielto94/bombas-centrifugas-69274556>.
- [4] J. de la Morena Cancela, «interempresas.» interempresas, 12 03 2018. [En línea]. Available: <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/210635-Mejora-de-la-productividad-mediante-el-empleo-de-motores-de-alta-eficiencia.html>. [Último acceso: 26 06 2020].
- [5] A. Borroto Nordelo, M. Lapido Rodríguez, J. Monteagudo Yanes, M. A. de Armas Teyra, M. Montesinos Perez, J. Delgado Castillo, A. Padron, P. Viego Felipe y F. Gonzalez Perez, «La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial,» Universidad de Cienfuegos, Cuba, 2005.
- [6] D. E. ROJAS PÉREZ, «DISEÑO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO ÓPTIMO DE AGUA POTABLE DEL DISTRITO DE HUANCÁN-HUANCAYO,» UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, HUANCAYO –PERÚ, 2017.
- [7] Sulzer, «Sulzer.» [En línea]. Available: <https://www.sulzer.com/es-es/spain/shared/products/gsg-diffuser-style-barrel-pump>.
- [8] ICONTEC, NTC 2050, 11: ICONTEC, 1998.
- [9] Crane, «Flujo de Fluidos en Valvulas y Accesorios para tuberías,» McGraw-Hill, 1989.
- [10] R. J. LÓPEZ MALAVÉ , «DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LAS COMUNIDADES SANTA FE Y CAPACHAL, PÍRITU, ESTADO ANZOÁTEGUI,» UNIVERSIDAD DE ORIENTE , Puerto La cruz, 2009.
- [11] Y. M. RODRIGUEZ AYALA, «MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE BOMBEO PARA EVACUACIÓN EFICIENTE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN VOLCAN COMPAÑÍA MINERA S.A.A - UNIDAD SAN CRISTOBAL,» UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ, HUANCAYO – PERÚ, 2014.
- [12] M. Gomez Unac, «BOMBA CENTRÍFUGA DEFINICIÓN: Las Bombas centrífugas también llamadas Rotodinámicas,» Universidad Nacional del Callao, Bellavista-Peru, 2017.
- [13] Universidad de Sevilla, «OpenCourseWare,» 01 01 2012. [En línea]. Available: http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y-riegos/temario/Tema%207.%20Bombas/tutorial_05.htm.
- [14] Wikipedia, «Wikipedia,» 2019. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/American_Petroleum_Institute.
- [15] P. Cazau, INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS SOCIALES, Buenos Aires: Pablo Cazau , 2006.
- [16] M. MARTÍNEZ M, «LA INVESTIGACIÓN CUALITATIVA (SÍNTESIS CONCEPTUAL),» Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Peru, 2006.
- [17] M. Tamayo y Tamayo, «EL PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA,» Limusa, Mexico, 2003.

XIII. ANEXOS

A. Diagrama de control del sistema de bombeo.

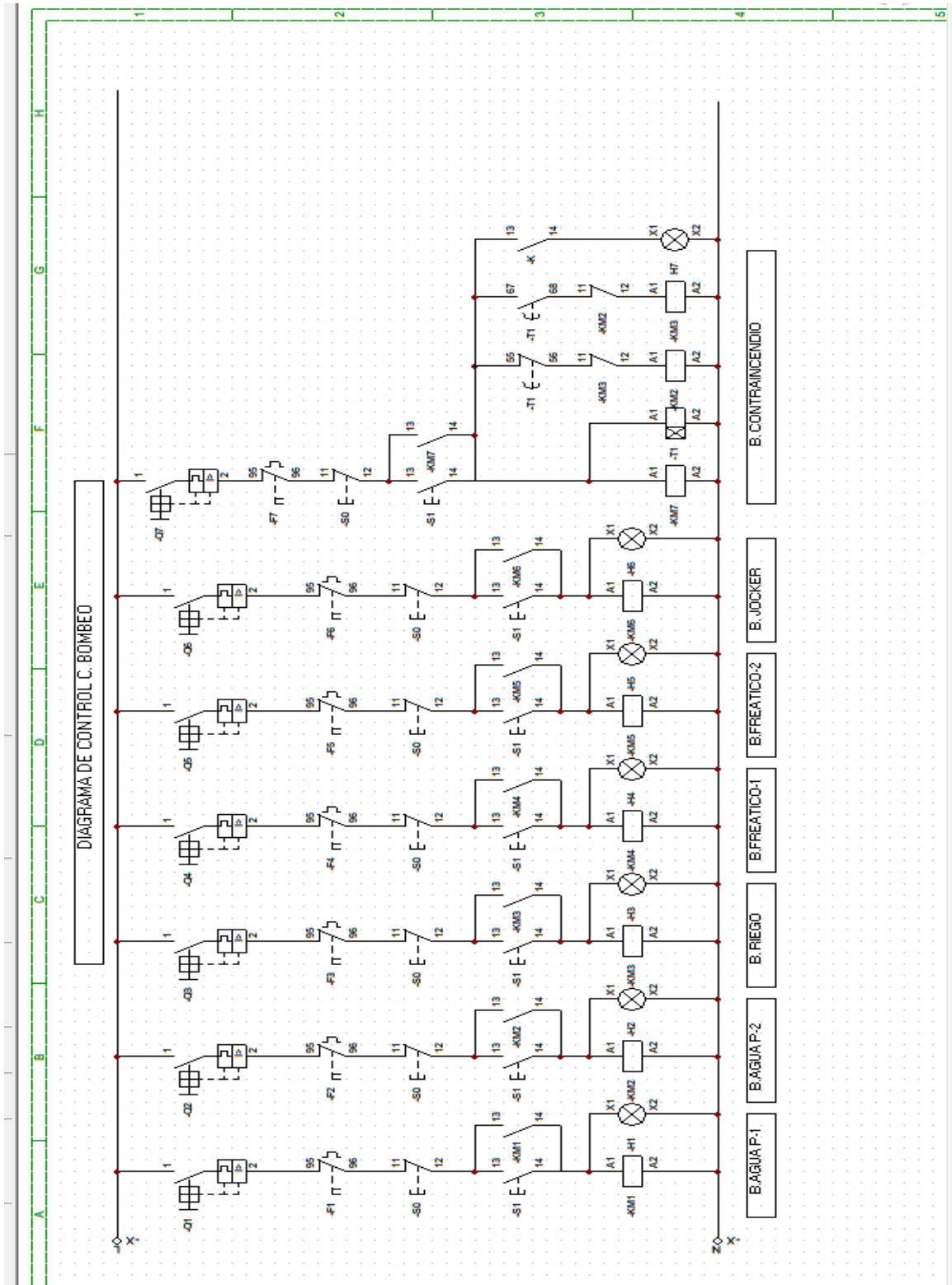


Fig. 21: diagrama de control del sistema de bombeo.

B. Diagrama de potencia del sistema de bombeo.

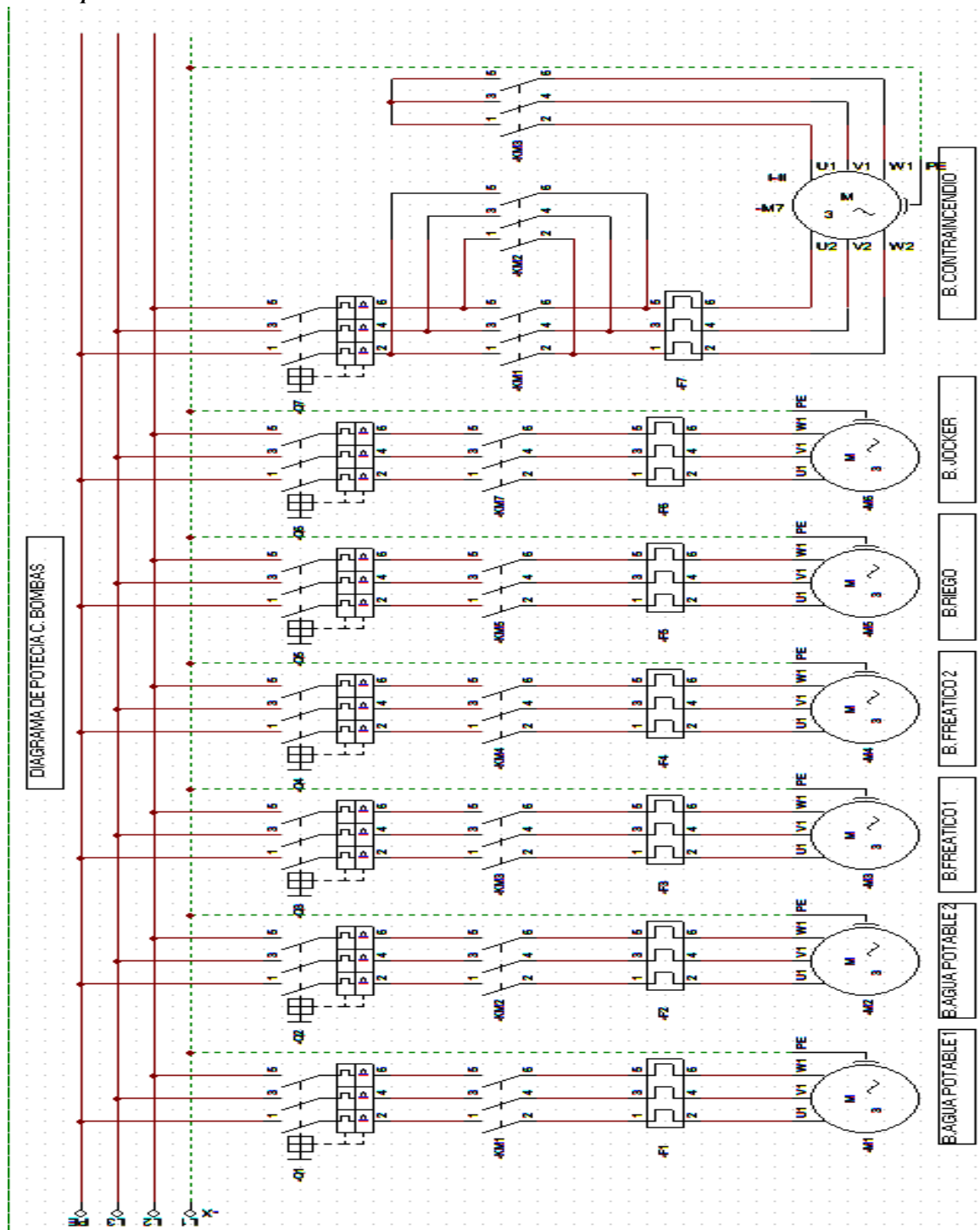


Fig. 22: diagrama de potencia del sistema de bombeo.

C. Formato de hoja de vida de la bomba jockey de la línea contraincendios.


04	SERVICIOS TECNICOS –PROGRAMACION	REGISTRO DEL EQUIPO	1/10			
	EQUIPO: BOMBA JOCKEY					
	UBICACIÓN: CUARTO DE BOMBEO	CODIGO FUNCIONAL				
		INFORMACION TECNICA DEL MOTOR				
		CARACTERISTICAS ELECTRICAS				
	FUENTE :AC	X	DC	POTENCIA: 30	KW	X
	VOLTAJE :	240	V	FRECUENCIA:	60	HZ
	CORRIENTE:	8.4	Amp	NUMERO DE FASES. :	3	
	FACTOR DE SERVICIO:3450			NUMERO DE POLOS:	4	
	CLASE DE AISLAMIENTO: F			RENDIMIENTO:		
	CARACTERISTICAS MECANICAS					
	VELOCIDAD: 3.450		RPM	PESO:45		Kg
	COJINETES	ORIGINALES		CAMBIO		
	LADO LIBRE	6211ZZC3				
	LADO ACOUPLE	6311ZZC3				
DATOS DE FABRICACION						
SERIE: 39F416D10059			MARCA: BARNES			
FABRICANTE: BARNES DE COLOMBIA S.A						
INFORMACION TECNICA DEL EQUIPO			REDUCTOR SI			
CARACTERISTICAS FISICAS			RELACION:	POTENCIA:	KW	
CLASE DE EQUIPO:			RPM DE ENTRADA	RPM DE SALIDA		
CAPACIDAD: Q/N	M3/min	2	N° DE ETAPAS:	MARCA:		
DISTANCIAS ENTRE PUNTAS:		mm	COJINETES	CANT	ORIGINALES	CAMBIO
VELOCIDAD:3.450		RPM	PESO:45	Kg		
COJINETES	ORIGINALES		CAMBIO			
LADO LIBRE	6211ZZC3					
LADO ACOUPLE	6311ZZC3					
INFORMACION SOBRE PINTURA						
DATOS DE FABRICACION		M	BASE	REFERENCIA	SERIE	COLOR
SERIE:	MODELO:Y-90L-2	O	ACABADO			GRIS
MARCA: BARNES DE COLOMBIA S.A		T	SOLVENTE			VERDE
FABRICANTE:		E	BASE			VERDE
TRANSMISION DE POTENCIA		Q	ACABADO			
ACOPLE DIREC: SI	X	NO	P	SOLVENTE		
CANTIDAD:	REFERENCIA:	R	BASE			
CANTIDAD:	REFERENCIA:	E	ACABADO			
DIAMETRO DE LA POLEA CONDUCTORA:	mm	plg	D	SOLVENTE		
DIAMETRO DE LA POLEA CONDUCCIDA	mm	plg	CONDICIONES DE TRABAJO			
REFERENCIA DEL SPROCKET CONDUCTOR:	A LA INTERMPERIE			BAJO TECHO	X	
REFERENCIA DE SPROCKET CONDUCCIDO:	AMB.CORROSIVO SI		X	NO	TEMP AMB. 40	°C
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO	DIARIAMENTE	HORAS	X	ESPORADICAMENTE	HORAS	
NOTAS: PRESION MAXIMA : 25 BAR						

Fig. 23: formato de hoja de vida de la bomba jockey de la línea contraincendios.

D. Formato de hoja de vida de la bomba principal de agua potable.

01	SERVICIOS TECNICOS –PROGRAMACION		REGISTRO DEL EQUIPO				1/10				
	EQUIPO: BOMBA AGUA POTABLE PRIC										
	UBICACIÓN: CUARTO DE BOMBEO		CODIGO FUNCIONAL				INFORMACION TECNICA DEL MOTOR				
		CARACTERISTICAS ELECTRICAS									
		FUENTE :AC	X	DC		POTENCIA: 7.5	KW	X			
		VOLTAJE :	240		V	FRECUENCIA:	60	HZ			
		CORRIENTE:	19.1		Amp	NUMERO DE FASES. :	3				
		FACTOR DE SERVICIO:0.87					NUMERO DE POLOS:	4			
		CLASE DE AISLAMIENTO: F					RENDIMIENTO:				
		CARACTERISTICAS MECANICAS									
		VELOCIDAD:3.485		RPM	PESO: 80		Kg				
		COJINETES	ORIGINALES		CAMBIO						
		LADO LIBRE	6206ZZ								
		LADO ACOPLE	6307ZZ								
DATOS DE FABRICACION											
SERIE: TEIBFOXO1		MARCA:		WEG							
FABRICANTE: 1025719367											
INFORMACION TECNICA DEL EQUIPO		REDUCTOR				SI		NO		X	
CARACTERISTICAS FISICAS		RELACION:		POTENCIA:		KW		PESO:		Kg	
CLASE DE EQUIPO: BOMBA MONOBLOCK		RPM DE ENTRADA			RPM DE SALIDA						
CAPACIDAD:	M3/min	Nº DE ETAPAS:			MARCA:						
DISTANCIAS ENTRE PUNTAS:		mm		COJINETES	CANT	ORIGINALES	CAMBIO				
VELOCIDAD:3.485		RPM	PESO: 80	Kg							
COJINETES	ORIGINALES		CAMBIO								
LADO LIBRE	6206ZZ		INFORMACION SOBRE PINTURA								
LADO ACOPLE	6307ZZ		TIPO	REFERENCIA	SERIE	COLOR					
DATOS DE FABRICACION		M	BASE		GRIS						
SERIE: TEIBFOXO1		MODELO.		O	ACABADO		VERDE				
MARCA: WEG		T	SOLVENTE		VERDE						
FABRICANTE: 1025719367		E	BASE								
TRANSMISION DE POTENCIA		Q	ACABADO								
ACOPLE DIREC: SI	NO	X	CORREA(S)	CADENA(S)	P	SOLVENTE					
CANTIDAD:	REFERENCIA:		R	BASE							
CANTIDAD:	REFERENCIA:		E	ACABADO							
DIAMETRO DE LA POLEA CONDUCTORA:		mm	plg	D	SOLVENTE						
DIAMETRO DE LA POLEA CONDUCTIDA		mm	plg	CONDICIONES DE TRABAJO							
REFERENCIA DEL SPROCKET CONDUCTOR:		A LA INTERMPERIE			BAJO TECHO		X				
REFERENCIA DE SPROCKET CONDUCTIDO:		AMB.CORROSIVO SI		X	NO	TEMP AMB. 40		°C			
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO		X	DIARIAMENTE	HORAS	ESPORADICAMENTE	HORAS					
NOTAS: SE REALIZO MANTENIMIENTO GENERAL EL DIA 13/07/19											

Fig. 24: formato de hoja de vida de la bomba principal de agua potable.

E. Tabla de rugosidad de materiales

Tabla 6: Tabla de rugosidades relativas.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

F. Diagrama de Moody.

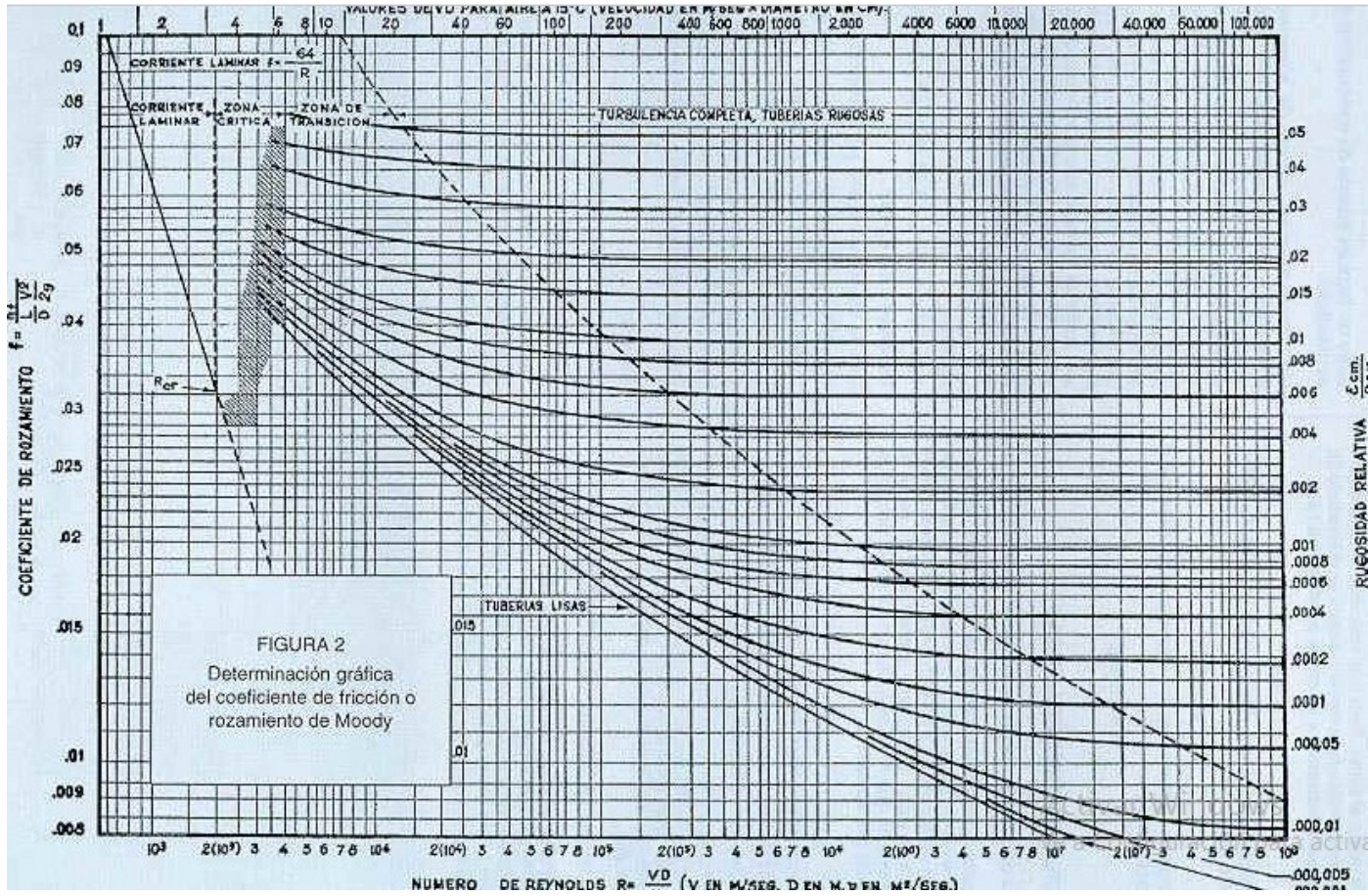


Fig. 25: Diagrama de Moody.

G. Plano electro hidráulico de las bombas.

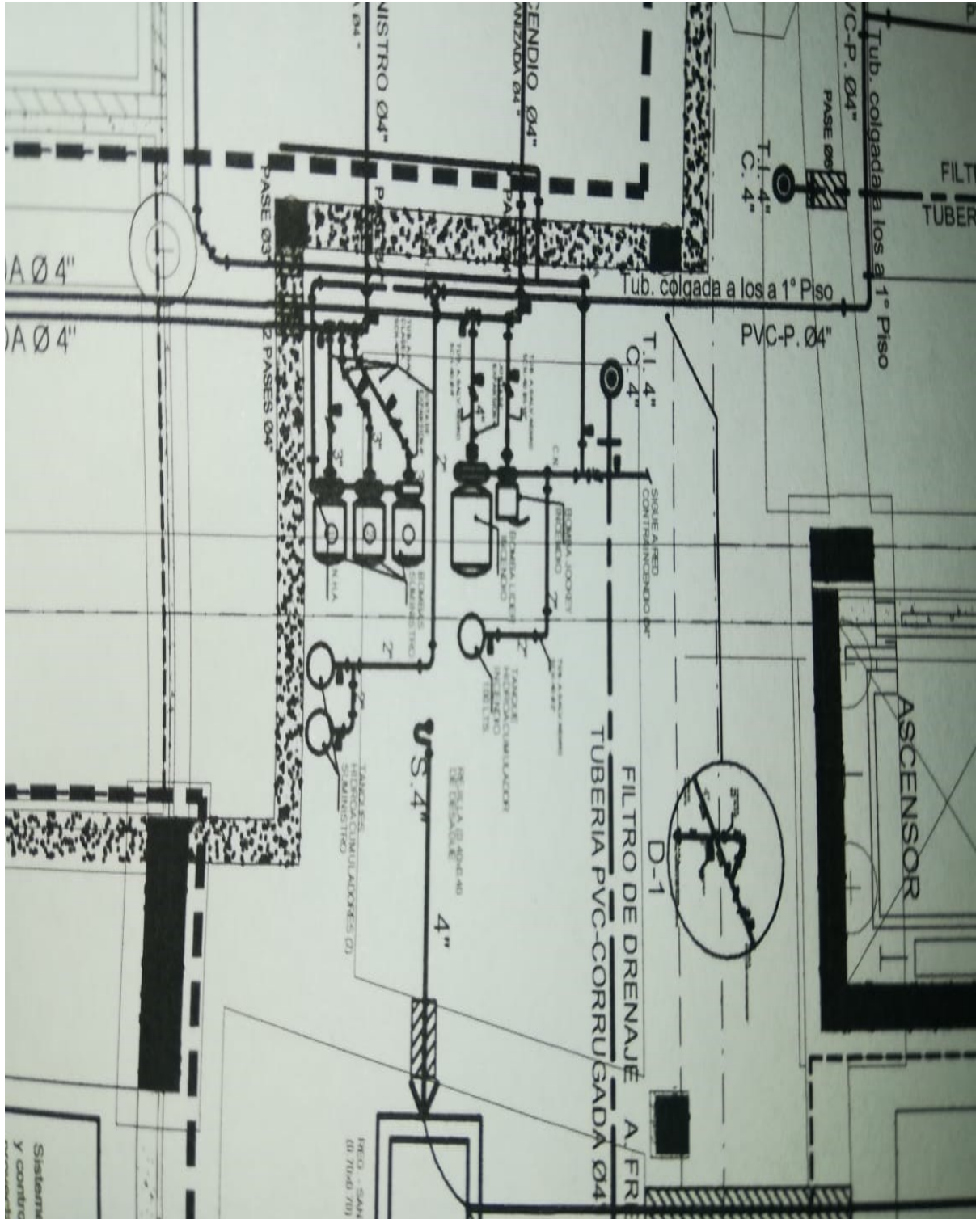


Fig. 26: bombas centrifuga del plante

H. Planos de tuberías de agua potable de toda la edificación

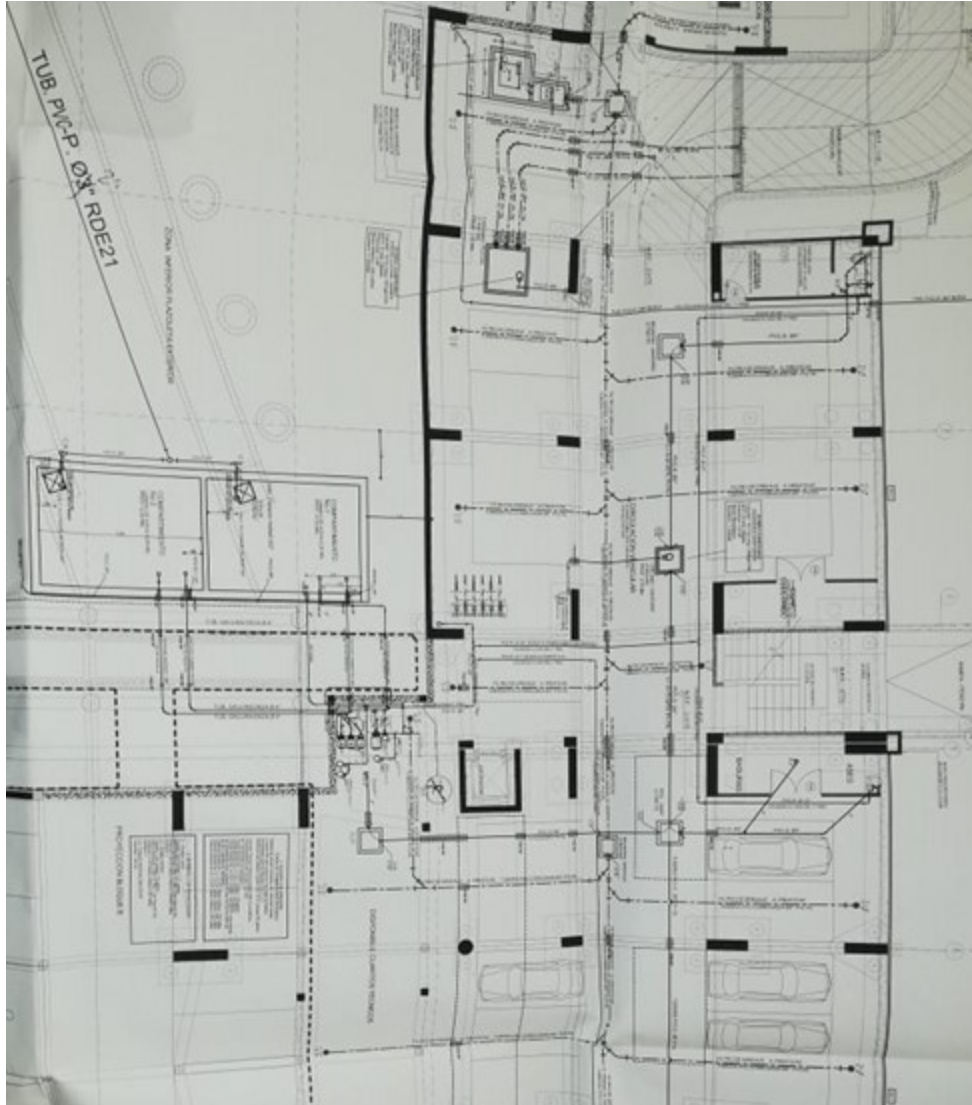


Fig. 27: tuberías de agua potable de toda la edificación

1. Diagrama de distribución de bombas de la universidad.

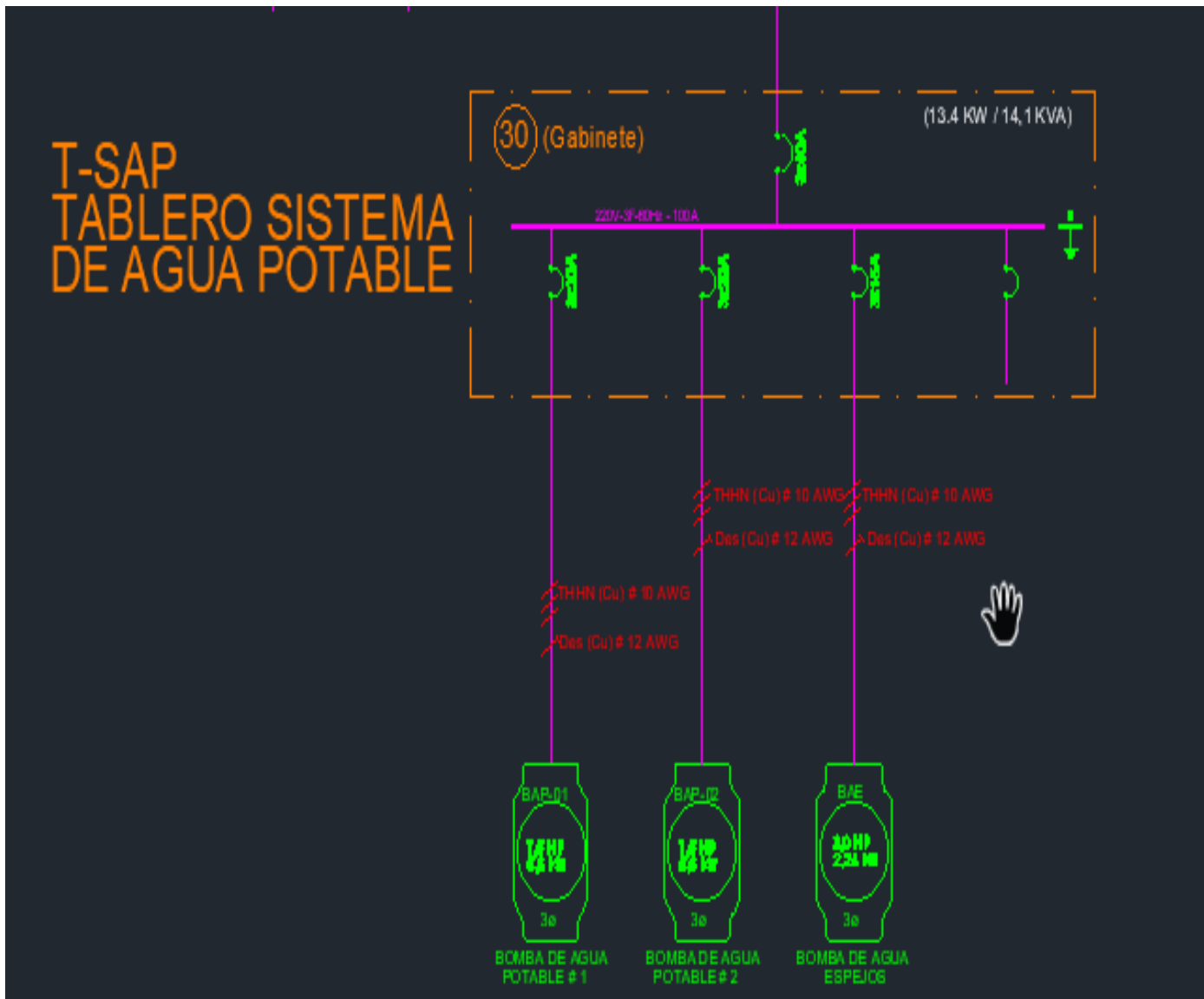


Fig. 28: distribución de bombas de la universidad.

J. Diagrama tablero de bomba contraincendios.

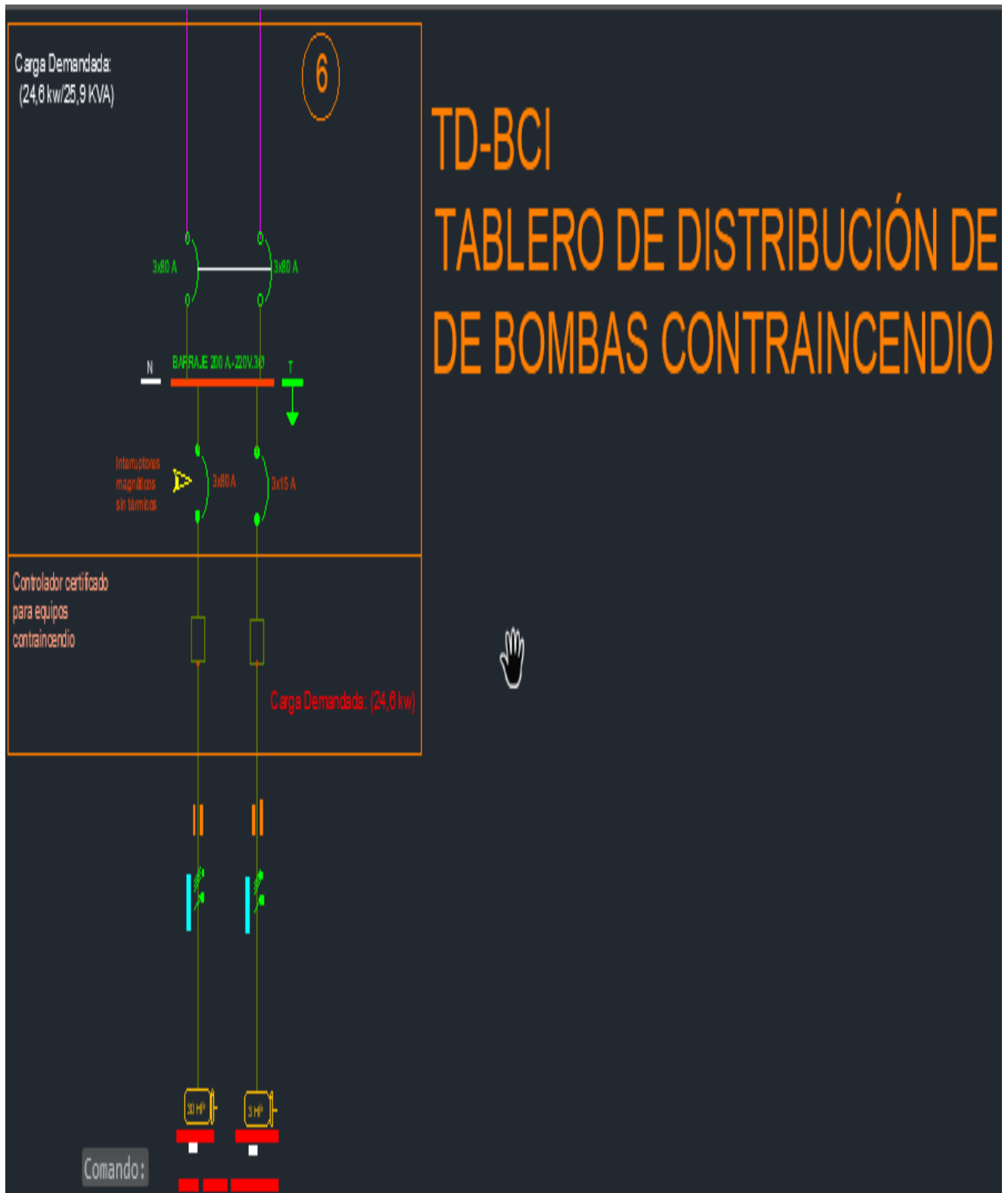


Fig. 29: tablero de bomba contraincendios.

K. Diagrama de distribución de bombas de la universidad.

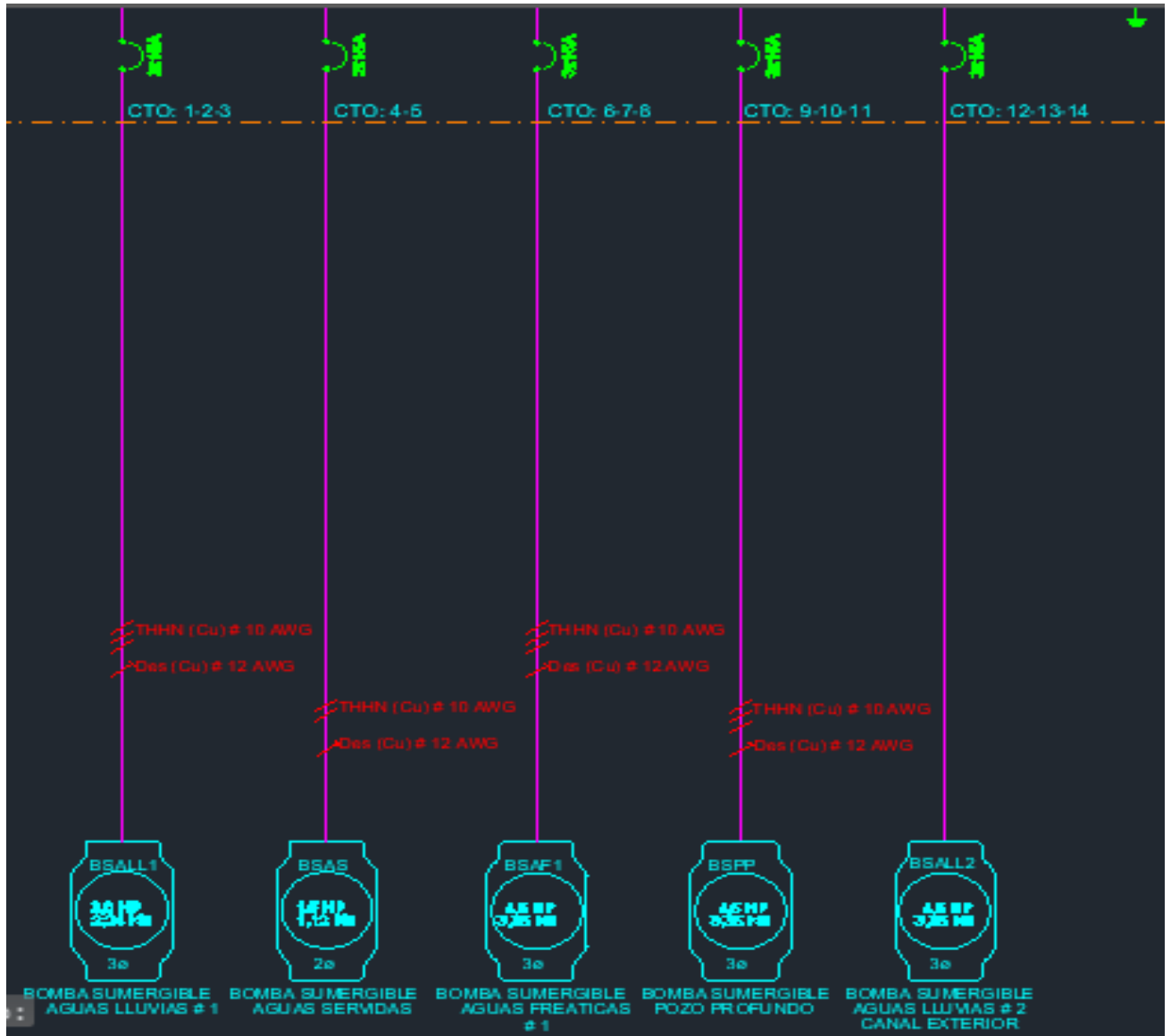


Fig. 30: distribución de bombas de la universidad.

L. Diagrama de sistema hidráulico de bomba de riego de la universidad.

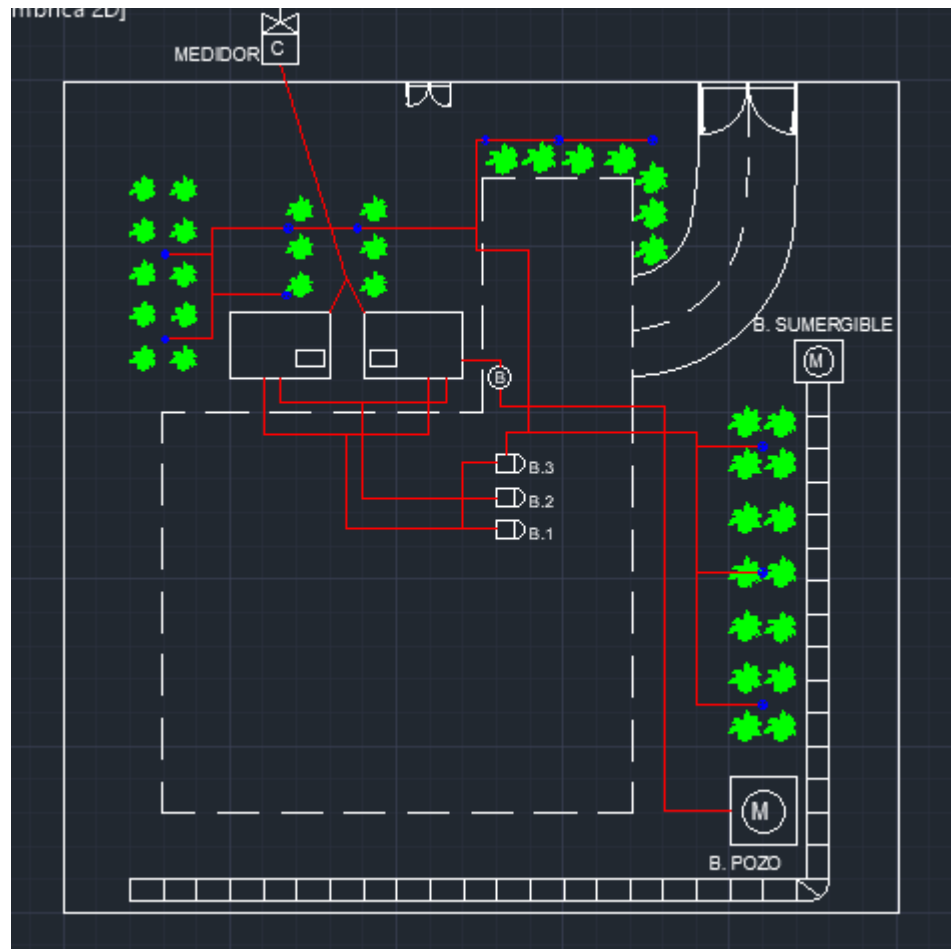


Fig. 31: distribución de tubería de la universidad