	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15	
			VERSIÓN	02	
	ESQUEMA HOJA DE RESUMEN			FECHA	03/04/2017
				PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES): NOMBRES Y APELLIDOS COMPLETOS

NOMBRE(S): MARÍA JOSÉ APELLIDOS: GARCÍA MONSALVE

FACULTAD: INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): PEDRO ANTONIO APELLIDOS: PÉREZ ANAYA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS):

ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO LAS LOMAS Y ATALAYA, EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE AGUAS KPITAL CÚCUTA

RESUMEN

El mundo está enfrentando una necesidad urgente de transformar su sistema energético. La gestión energética es un mecanismo que permite administrar la energía en procesos con el fin de que tengan mayor eficiencia energética y sean amigables con el medio ambiente.

Las empresas siempre han ido buscando la forma de que se cumplan todas las tareas que tienen, así mismo cumplirle a sus clientes con un servicio adecuado y eficiente, ya que al tener un desarrollo eficiente de sus equipos también se generan una serie de beneficios a la empresa, debido a que al tener equipos y maquinarias funcionando de forma adecuada y así mismo personal capacitado para ejecutar sus labores, lograrán llevar procesos eficientes y esto se verá representado en ahorros monetarios. La eficiencia energética es el conjunto de actividades que permiten disminuir el consumo energético de un proceso. La empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA quiso realizar un estudio de eficiencia energética para ver en qué condiciones se encontraba más o menos su sistema. Para esto se utilizó herramientas de control estadístico establecidas por la norma 50001 para determinar el potencial de ahorro y los puntos eficientes que ha tenido el sistema durante su funcionamiento en los últimos 4 meses.

PALABRAS CLAVES: Eficiencia, ahorro, bombas

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 123 PLANOS: 0 ILUSTRACIONES: 32 CD ROOM: 1

****Copia No Controlada****

ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO LAS LOMAS Y
ATALAYA, EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE AGUAS KPITAL CÚCUTA

MARÍA JOSÉ GARCÍA MONSALVE

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

2023

ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO LAS LOMAS Y
ATALAYA, EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE AGUAS KPITAL CÚCUTA

MARÍA JOSÉ GARCÍA MONSALVE

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de

Ingeniera Mecánica

Director:

Ing. Pedro Antonio Pérez Anaya.

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA MECÁNICA

CÚCUTA, NORTE DE SANTANDER

2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 19 DE ABRIL 2023
HORA: 04:00 A.m.
LUGAR: SALA 4 CREAD
PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: ESTUDIO ENERGÉTICO DE LAS ESTACIONES DE BOMBEO LAS LOMAS Y ATALAYA, EN EL SISTEMA DE ACUEDUCTO DE AGUAS KPITAL CUCUTA.

Jurados: ING. ORLANDO GUTIERREZ LOPEZ
ING. JOSE RAFAEL EUGENIO LOPEZ

Director: ING. PEDRO ANTONIO PEREZ ANAYA

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación Letra	Número
MARIÁ JOSÉ GARCIA MONSALVE	1121735	CUATRO-CUATRO	4.4

APROBADA


ING. ORLANDO GUTIERREZ LOPEZ.


ING. JOSE RAFAEL EUGENIO LOPEZ.


Vo.Bo MEIMER PEÑARANDA CARRILLO
Coordinador Comité Curricular
Ingeniería Mecánica

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado a mis papás, quienes siempre estuvieron ahí conmigo guiándome, apoyándome y alentándome en todo este camino y tiempo universitario, quienes siempre me inculcaron la idea de que cada día es una nueva oportunidad para uno superarse y aprender.

Agradecimientos

Agradezco a todas las personas en general que me apoyaron durante algo la elaboración del proyecto, a mi director Ing. Pedro Antonio Pérez Anaya y codirector Ing. Orlando Gutiérrez por dar su punto de vista, a mis compañeros los cuales aportaron a lo largo de este proceso.

Resumen

El mundo está enfrentando una necesidad urgente de transformar su sistema energético. La gestión energética es un mecanismo que permite administrar la energía en procesos con el fin de que tengan mayor eficiencia energética y sean amigables con el medio ambiente. Los malos usos de la energía tales como: Permitir fugas de agua, aire, vapor, etc., mal mantenimiento de los equipos, tuberías sin aislar, mala operación de calderas, hornos, secaderos, etc., encender equipos no necesarios, botar agua y gases calientes, uso de tecnologías inadecuadas, entre otros. Todos estos malos usos de la energía generan una serie de problemas tales como: Destrucción del ambiente por contaminación de la atmósfera, la tierra y el agua, agotamiento de los recursos, altos costos de producción, menor competitividad, entre otros, los cuales con el tiempo van creando un funcionamiento ineficiente en las empresas.

Con el pasar del tiempo, las empresas siempre han ido buscando la forma de que se cumplan todas y cada una de las tareas que tienen por desarrollar, así mismo cumplirle a sus clientes con un servicio adecuado y eficiente, ya que al tener un desarrollo eficiente de sus equipos también se generan una serie de beneficios a la empresa, debido a que al tener equipos y maquinarias funcionando de forma adecuada y así mismo personal completamente capacitado para ejecutar sus labores, lograrán llevar procesos eficientes y esto se verá representado en ahorros monetarios.

La eficiencia energética es el conjunto de actividades que permiten disminuir el consumo energético de un proceso manteniendo el mismo nivel de producción del producto o servicio. La empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA quiso realizar un estudio de eficiencia energética para ver en qué condiciones se encontraba más o menos su sistema. Para esto se utilizó herramientas de

control estadístico establecidas por la norma 50001 para determinar el potencial de ahorro y los puntos eficientes que ha tenido el sistema durante su funcionamiento en los últimos 4 meses.

Palabras clave: Eficiencia, ahorro, bombas

Abstract

The world is facing an urgent need to transform its energy system. Energy management is a mechanism that allows managing energy in processes in order to have greater energy efficiency and be friendly to the environment. Bad uses of energy such as: Allowing leaks of water, air, steam, etc., poor maintenance of equipment, uninsulated pipes, poor operation of boilers, ovens, dryers, etc., turning on unnecessary equipment, throwing away water and gases hot, use of inadequate technologies, among others. All these misuses of energy generate a series of problems such as: Destruction of the environment due to contamination of the atmosphere, land and water, depletion of resources, high production costs, less competitiveness, among others, which with the time are creating inefficient operation in companies. With the passing of time, companies have always been looking for a way to fulfill each and every one of the tasks that they have to develop, as well as fulfill their clients with an adequate and efficient service, since by having an efficient development of Their equipment also generates a series of benefits for the company, because by having equipment and machinery working properly and also fully trained personnel to carry out their tasks, they will be able to carry out efficient processes and this will be represented in monetary savings.

Energy efficiency is the set of activities that allow reducing the energy consumption of a process while maintaining the same level of production of the product or service. The company AGUAS KPITAL CÚCUTA wanted to carry out an energy efficiency study to see what conditions its system was in more or less. For this, statistical control tools established by the 50001 standard were used to determine the savings potential and the efficient points that the system has had during its operation in the last 4 months.

Keywords: Efficiency, savings, pump

Contenido

	Pág.
Introducción	20
1. Presentación del problema	22
1.1 Título	22
1.2 Planteamiento del problema	22
1.3 Formulación del problema	23
1.4 Objetivos	23
1.4.1 Objetivo general:	23
1.4.2 Objetivos específicos:	23
1.5 Justificación	24
1.6 Alcance y delimitaciones	25
1.6.1 Alcance	25
1.6.2 Delimitación del problema	26
2. Marco referencial	27
2.1 Antecedentes	27
2.2 Marco teórico	28
2.2.1 Manual de operación LAS LOMAS	28
2.2.2 Manual de operación estación ATALAYA	42

2.2.3 Tipos de bombas	56
2.2.4 Altura útil o efectiva de una bomba	60
2.2.5 Rendimientos	61
2.2.6 Potencia de una bomba	62
2.2.7 Potencia interna, P_i	64
2.2.8 Potencia útil, P_u	64
2.2.9 Eficiencia en las bombas	65
2.2.10 Cavitación	67
2.2.11 Best Efficient Point	68
2.2.12 Costos operacionales	68
2.2.13 Deterioro en el rendimiento de las bombas	70
2.2.14 Gestión	71
2.2.15 Eficiencia energética	74
2.2.16 Indicadores de desempeño energético	74
2.2.17 Línea meta	78
2.3 Marco conceptual	79
2.3.1 Aforo	79
2.3.2 Agua potable	79
2.3.3 Bomba	79
2.3.4 Cárcamo	80

2.3.5 Corriente eléctrica	80
2.3.6 Factor de potencia	80
2.3.7 Fuente de abastecimiento	80
2.3.8 Fuga	80
2.3.9 Gasto.	81
2.3.10 Nivel a centros de manómetro	81
2.3.11 Nivel de referencia	81
2.3.12 Nivel de succión	81
2.3.13 Potencia activa	81
2.3.14 Potencia eléctrica	82
2.3.15 Potencia aparente y reactiva	82
2.3.16 Gestión energética	82
2.3.17 Eficiencia energética	82
2.4 Marco contextual	83
2.5 Marco legal	83
3. Diseño metodológico	86
3.1 Tipo de investigación	86
3.2 Fuentes de información	86
3.2.1 Fuentes primarias	86
3.2.2 Fuentes secundarias	86

3.2.3 Desarrollo Metodológico	87
4. Análisis y resultados generales	88
4.1 Estación de bombeo LAS LOMAS	88
4.1.1 Análisis de regresión LAS LOMAS	92
4.1.2 Segunda tabla LAS LOMAS	93
4.1.3 Tercera tabla LAS LOMAS	96
4.1.4 Eficiencia del sistema y potencial de ahorro ESTACIÓN LAS LOMAS	97
4.2 Estación de bombeo ATALAYA	99
4.2.1 Análisis de regresión estación ATALAYA	102
4.2.2 Segunda tabla estación LAS LOMAS	103
4.2.3 Tercera tabla estación LAS LOMAS	107
4.2.4 Eficiencia del sistema y potencial de ahorro de la estación ATALAYA	108
4.3 Visita arbitraria estación LAS LOMAS	110
4.4 Visita arbitraria estación ATALAYA	112
5. Conclusiones	114
6. Recomendaciones	115
7. Referencias bibliográficas	116

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Especificaciones de las bombas de la estación LAS LOMAS	29
Tabla 2 Especificaciones de las bombas de la estación de agua LAS LOMAS	30
Tabla 3 Tanque de almacenamiento LAS LOMAS	30
Tabla 4 Líneas de entrada y salida LAS LOMAS	32
Tabla 5 Instrucciones de inicio LAS LOMAS	33
Tabla 6 Condiciones de operación LAS LOMAS	34
Tabla 7 Instrucción para la suspensión LA LOMAS	35
Tabla 8 Caudales del sistema de bombeo	37
Tabla 9 Explicación del diligenciamiento del formato	39
Tabla 10 Forma de realizar el reporte	41
Tabla 11 Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA	43
Tabla 12 Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA	43
Tabla 13 Tanque de almacenamiento ATALAYA	44
Tabla 14 Equipos de bombeo ATALAYA	44
Tabla 15 Instrucciones de inicio ATALAYA	46
Tabla 16 Condiciones mínimas de operación ATALAYA	47
Tabla 17 Instrucciones para la suspensión ATALAYA	48
Tabla 18 Caudales del sistema de bombeo hacia la victoria	50
Tabla 19 Caudales del sistema de bombeo sectores aledaños	50
Tabla 20 Explicación del diligenciamiento del formato ATALAYA	52

Tabla 21 Forma de realizar el reporte ATALAYA	54
Tabla 22 Resultados estación LAS LOMAS	90
Tabla 23 Análisis de regresión LAS LOMAS	92
Tabla 24 Estación LAS LOMAS datos eficientes	95
Tabla 25 Línea meta estación LAS LOMAS	96
Tabla 26 Resultados estación ATALAYA	100
Tabla 27 Análisis de regresión ATALAYA	102
Tabla 28 Estación ATALAYA datos eficientes	105
Tabla 29 Línea meta estación ATALAYA	107
Tabla 30 Cálculo eficiencia por bomba estación LAS LOMAS	111
Tabla 31 Cálculo eficiencia por bomba estación ATALAYA	113

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. Estación LAS LOMAS	29
Figura 2. Esquema hidráulico LAS LOMAS	31
Figura 3. Esquema eléctrico LAS LOMAS	31
Figura 4. Esquema eléctrico LAS LOMAS	38
Figura 5. Informe del mantenimiento diario	40
Figura 6. Estación ATALAYA	42
Figura 7. Esquema hidráulico ATALAYA	44
Figura 8. Esquema eléctrico ATALAYA	45
Figura 9. Formato informe mensual ATALAYA	51
Figura 10. Informe mantenimiento diario	53
Figura 11. Diagrama simple del balance de energía	55
Figura 12. Bomba vertical tipo turbina	56
Figura 13. Bomba centrífuga con impulsor cerrado	56
Figura 14. Bomba horizontal carcasa partida	57
Figura 15. Tipos de rodete	59
Figura 16. Tipos de voluta	59
Figura 17. Elementos constitutivos de una Bomba	60
Figura 18. Sistema de gestión de la energía	71
Figura 19. Indicador de desempeño energético base 100	75
Figura 20. Casos del indicador de desempeño energético base 100	75

Figura 21. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM)	76
Figura 22. Indicador de desempeño energético del presupuesto de energía	77
Figura 23. Línea base corrección de datos atípicos LAS LOMAS	92
Figura 24. Consumo línea base-Línea meta LAS LOMAS	97
Figura 25. indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS	98
Figura 26. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) LAS LOMAS	98
Figura 27. Línea base corrección de datos atípicos ATALAYA	102
Figura 28. Consumo línea base-Línea meta ATALAYA	108
Figura 29. Indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS	109
Figura 30. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) ATALAYA	109
Figura 31. Eficiencia de las bombas estación LAS LOMAS	111
Figura 32. Eficiencia de las bombas estación ATALAYA	113

Lista de anexos

	Pág.
Anexo 1. Tablero de control estación LAS LOMAS	121
Anexo 2. Bomba 1 estación LOMAS	122
Anexo 3. Bomba 2 estación LOMAS	123
Anexo 4. Bomba 3 estación LAS LOMAS	124
Anexo 5. Tablero de control estación ATALAYA	125
Anexo 6. Sistema de bombeo estación ATALAYA	126

Introducción

Por su parte “La eficiencia energética (EE) se considera la forma más rentable de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), uno de los objetivos declarados de la comunidad internacional. El fomento de la EE también es una meta importante de las contribuciones previstas y determinadas a nivel nacional (NDC por sus siglas en inglés) de la mayoría de los países de Latinoamérica y el Caribe, sino de todos ellos.

Las posibilidades para usar la energía de forma más prudente son abundantes. Pero el potencial de estas posibilidades aún está muy desaprovechado debido a limitaciones como las distorsiones en el precio de la energía, los subsidios, los problemas de financiación, la falta de reglamentos y de capacidad institucional, o simplemente debido a que existen otras prioridades a la hora de invertir”. *ALIDE*. (2018, junio 19). *ALIDE*.

Aunque la gente no lo sepa, los equipos de bombeo consumen un 10% de la electricidad mundial. Además, la mayoría de estos sistemas no operan en condiciones óptimas, gastando más energía de la necesaria. En este sentido, cobra una gran importancia la eficiencia energética de los sistemas de bombeo, no sólo a nivel industrial, sino también a nivel doméstico, donde cada vez se deben aplicar mayores normativas acerca de la eficiencia energética, como el certificado de eficiencia energética. La eficiencia energética de las bombas de agua ciertos parámetros que deben tenerse en cuenta al elegirlos. Esto depende netamente de la aplicación y para ello se debe evaluar, entre otras cosas, su eficiencia térmica y su eficiencia volumétrica. De agua, B. (2020, abril 8).

La empresa aguas Kpital Cúcuta cuenta con 15 estaciones, las cuales suministran el servicio de agua a toda la población. En esta oportunidad, el proyecto se enfocará en la estación LAS LOMAS, localizada al oriente de la avenida Demetrio Mendoza, a la altura del club tenis frente a los bloques de mirador campestre y la estación ATALAYA, localizada por la subida del indio a un costado izquierdo viniendo del intercambiador vial de atalaya.

Se busca que con el análisis energético, el debido estudio de la información suministrada y algunas tomas necesarias, se puedan sacar las respectivas conclusiones, buscar algunas acciones de mejora y ceder a la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA información del análisis energético realizado para que tengan el respectivo conocimiento de cómo está actualmente su sistema de bombeo funcionando y que tan eficiente está siendo.

1. Presentación del problema

1.1 Título

Estudio energético de las estaciones de bombeo las lomas y atalaya, en el sistema de acueducto de aguas kpital Cúcuta

1.2 Planteamiento del problema

Gestión del uso de la energía, etapa según ISO 50001

La gestión integral de la energía se refiere a la forma como se usan los recursos energéticos, buscando que sean utilizados de forma eficiente, analizando y controlando la forma en que los equipos o procesos consumen energía para llevar a cabo acciones correctivas cuando el desempeño sea bajo. También es un mecanismo que contribuye al optimo aprovechamiento de los recursos energéticos del país y en consecuencia se convierte en instrumento que aporta al planeamiento energético de la nación favoreciendo un abastecimiento oportuno, seguro, eficiente y propendiendo por un desarrollo sostenible

Los sistemas de bombeo consumen aproximadamente el 20% de la demanda mundial de energía eléctrica y en algunas industrias éste puede llegar a ser hasta el 50% de su consumo (Hydraulic institute & Europump 2000, OIT), el 30% de esta energía pudiera ser ahorrada con un buen diseño y una buena selección de los sistemas de bombeo, en conjunto con buenas prácticas de operación y mantenimiento (Kaya, 2008), no obstante a lo anterior, existe deficiencia tanto de conocimientos como de herramientas para el diagnóstico de bombas Centrifugas, siendo éste campo una de las áreas de mayor potencial de ahorro energético. Por esto se hace importante la optimización de los sistemas de bombeo; la reducción del consumo de energía tiene un impacto positivo en el efecto invernadero e implica una reducción en la emisión

de CO₂, de la misma forma potencia el valor "verde" de las compañías y reduce los costos de operación.

La empresa AGUAS KPITAL ubicada en la ciudad de Cúcuta Norte de Santander, cuenta con quince (15) estaciones de bombeo las cuales son: Tasajero, Nidia, Las lomas, San Luis, Santander, Indio, Alfonso López, Santo Domingo, Toledo Plata bajo, Toledo Plata alto, Atalaya, Loma de Bolívar, Rebombero tanque bellavista, Rebombero tanque la victoria, Rebombero tanque la popa. La empresa quiere centrar el proyecto en las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA, realizar un análisis y hacer las posibles conclusiones, recomendaciones y mejoras para lograr efectividad en su rendimiento.

1.3 Formulación del problema

¿Es la eficiencia actual de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de aguas Kpital Cúcuta, susceptible a ser mejorada con nuevas tecnologías, técnicas de operación y mantenimiento?

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general:*

Estudio energético de las estaciones de bombeo las lomas y atalaya, en el sistema de acueducto de aguas kpital Cúcuta

1.4.2 *Objetivos específicos:*

- Caracterizar las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de AGUAS KPITAL CÚCUTA.

- Clasificar la información de las características.
- Definir las condiciones para desarrollar el estudio energético de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de AGUAS KPITAL CÚCUTA.
- Evaluar los resultados actuales del estudio con el seguimiento que lleva la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA para llegar a una conclusión.

1.5 Justificación

El proyecto se trata de realizar un estudio energético de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de aguas kpital Cúcuta, este proyecto pretende verificar el estado actual de eficiencia en las bombas de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA de la empresa aguas kpital Cúcuta y realizar una comparación con el seguimiento general de la estación que lleva la empresa, comprobar si es susceptible a mejoras con base a las tecnologías existentes y las técnicas operacionales aplicadas. Para la ejecución del trabajo se analizarán todos los parámetros que actualmente intervienen en la operación del sistema de bombeo, tal como son caudal presión, potencia. Realizar este estudio y desarrollar los cambios ayuda en la mejora de la eficiencia de la estación logrando una disminución en los consumos energéticos, no solamente se estará contribuyendo con la conservación del planeta sino también con la disminución de los costos operacionales haciendo la empresa más eficiente y competitiva.

Perspectiva

La empresa aguas Kpital Cúcuta cuenta con quince (15) estaciones de bombeo las cuales son: Tasajero, Nidia, Las lomas, San Luis, Santander, indio, Alfonso López, Santo Domingo, Toledo Plata bajo, Toledo Plata alto, Atalaya, Loma de Bolívar, Rebombeo tanque bellavista, Rebombeo tanque la victoria, Rebombeo tanque la popa. Desarrollando e implementando los

debidos estudios y haciendo los debidos cambios lleva a cumplir la intención principal de la empresa, la cual es prestar con calidad y eficiencia servicios de acueducto, alcantarillado y actividades afines, manteniendo la responsabilidad contractual, social, ambiental y de los compromisos con los usuarios, clientes, proveedores, colaboradores, accionistas y estamentos del estado. Desea hacer de todos ellos, los grandes aliados, propendiendo por su desarrollo, permanencia y compromiso, en un esfuerzo continuo de mejorar y fortalecer la organización.

Sistematización del problema

- ¿Cuáles son las características de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de AGUAS KPITAL CÚCUTA?
- ¿Cómo se clasifica la información recopilada de las características de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de AGUAS KPITAL CÚCUTA?
- ¿Cuáles son las condiciones para desarrollar el estudio energético de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de AGUAS KPITAL CÚCUTA?
- ¿Mejóro o empeoró la eficiencia de las estaciones de bombeo al realizar la comparación con los resultados del seguimiento que lleva la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA?

1.6 Alcance y delimitaciones

1.6.1 Alcance

Debido a lo importante que es para la empresa Aguas Kpital Cúcuta mantener todas sus estaciones del sistema de acueducto funcionando de una forma óptima y eficiente, ya que trae beneficios para la empresa, no solamente por reducir costos sino también por sumarle al medio ambiente, el presente estudio se enfocó en el diagnóstico de la eficiencia energética de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA, a partir de la cual se elaborará el respectivo estudio

energético en el que se analizan las variables de operación de los sistemas de bombeo, se hace un análisis de línea meta en el que se va a proponer llegar a cierta eficiencia a partir de la mejora de los métodos utilizados para la toma de agua, como lo es la correcta apertura de llaves, la verificación de la corriente, el consumo de energía activa, el consumo de energía reactiva y con base a eso se tomarán algunas acciones para mejorar eficiencia energética. La realización del presente estudio se limita a las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA, se llevará a cabo durante el segundo periodo académico de 2022, entre los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre

1.6.2 Delimitación del problema

1.6.2.1 Delimitaciones Espaciales. El proyecto se desarrollará en la estación LAS LOMAS, localizada al oriente de la avenida Demetrio Mendoza, a la altura del club tenis frente a los bloques de mirador campestre y la estación ATALAYA, localizada por la subida del indio a un costado izquierdo viniendo del intercambiador vial de atalaya.

1.6.2.2 Delimitaciones temporales. El proyecto tendrá una duración de 5 meses, a partir de la fecha estipulada con el departamento de ingeniería mecánica de la Universidad Francisco De Paula Santander.

1.6.2.3 Delimitaciones Conceptuales. Los términos específicos que serán utilizados en este proyecto son:

SISTEMA DE BOMBEO, es herramienta que permite la extracción de elementos o el acopio de sustancias líquidas a partir de una red de tuberías atendiendo a parámetros como el caudal o la presión.

EFICIENCIA ENERGÉTICA, es la optimización del consumo energético para alcanzar unos niveles determinados de confort y de servicio

LAS BOMBAS CENTRÍFUGAS, son máquinas operadas hidráulicamente caracterizadas por su capacidad de transmitir energía a fluidos (en particular a líquidos) a través del trabajo de un campo de fuerzas centrífugas.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

Rivera (2016). "Proyecto de eficiencia energética para la estación de agua cruda dolores". Universidad de Cartagena. Cartagena de indias D. T. Y C, Colombia.

La reducción del consumo de energía es uno de los objetivos principales a tener en cuenta en el diseño de las estaciones de bombeo, no solo por la reducción en los costos operacionales sino también para la contribución a la mejora del medio ambiente.

Este proyecto hace un gran aporte, debido a que menciona el estudio que realizaron y muestran la posibilidad de dos alternativas para la mejora de la eficiencia de la estación de agua cruda DOLORES de la ciudad de Cartagena: Sustitución en las bombas y en los motores por otros con igual características: Modelo Zulzer con caudal de diseño de dos etapas y motor fabricante ABB, modelo Aurora con caudal de diseño de tres etapas y motor fabricante TITAN y modelo American Amorsh de tres etapas con motor TITAN; todas con una eficiencia placa motor de 0.94. Se escogió la primera alternativa puesto que fue la que mayores beneficios proporciona. Entonces, tiene mucha relación con lo que se quiere estudiar en las estaciones de bombeo en el sistema de AGUAS KPITAL CÚCUTA.

Gámez (2015). "Modelación de una red de distribución de agua potable existente para optimizar el consumo de energía". Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.

Los sistemas de bombeo y transporte de agua para consumo humano consumen una cantidad significativa de energía. El servicio de energía constituye el mayor costo de operación en la mayoría de los acueductos del mundo y pueden constituir hasta el 65% del presupuesto de funcionamiento de las empresas de agua. Con respecto al total de la energía que se consume un país como Estados Unidos cerca del 3% se utiliza para la operación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y manejo de las aguas residuales.

En este proyecto hacen énfasis en que mejorar la eficiencia en el uso del agua es una oportunidad importante para reducir la demanda de energía y contribuir con el medio ambiente. Entre más eficiente sea el consumo de energía de las estaciones de bombeo mejor sostenibilidad financiera tendrán las empresas y municipios y por lo tanto mejor calidad del servicio hacia la población.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Manual de operación LAS LOMAS

En la estación de agua LAS LOMAS, las tres (3) bombas centrifugas instaladas son de tipo horizontal carcasa partida, se puede ver en la **Figura 1**. A continuación, se encuentran las especificaciones y características de las bombas presentes

Tabla 1 y Tabla 2 Especificaciones de las bombas de la estación de agua LAS LOMAS

Estación de bombeo localizada al oriente de la avenida Demetrio Mendoza a la altura del Club Tennis Cerro frente a los bloques de Mirador Campestre. El componente estación de bombeo Las Lomas se abastece del tanque del mismo nombre (cota de rebose 360 msnm) que a su vez es abastecido desde los tanques de la planta El Pórtico y suministra 180 lps de agua al tanque Bellavista mediante la operación de sus tres unidades de bombeo a través de tubería de




impulsión de Ø16” AC clase 25 L = 900 m. Utiliza el tanque compensación Las Lomas como tanque succión, el tanque se abastece de las líneas Ø30” y Ø16” provenientes de los Tanques El Pórtico. La estación Las Lomas bombea al Tanque Bellavista con cabeza dinámica de las bombas de 100 metros y a través de una tubería impulsión Ø16”.



Figura 1. Estación LAS LOMAS

Fuente: Tomada del manual de informaciones técnicas empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Tabla 1 Especificaciones de las bombas de la estación LAS LOMAS

Equipo	Fotografía equipo	Año de Instalación	Tipo de bomba	Marca bomba	Modelo (foto de placa)	Diámetro impulsor [In]	Marca motor eléctrico (foto de placa)	Potencia motor eléctrico [HP-Kw]		Voltaje [V]		Amperaje [I]		Tipo de arranque
								Nominal	Medido	Nomi	Medi	Nomi	Medid	
Bomba 1		1990	Horizontal Carcasa Partida	Ebara		14		150-112	90-67	454	448	166 A	105	ESTRELLA-TRIANGULO
Bomba 2		1990	Horizontal Carcasa Partida	Ebara		14		150-112	88-65	454	448	166 A	110	ESTRELLA-TRIANGULO
Bomba 3		1990	Horizontal Carcasa Partida	Ebara		14		150-112	88-65	454	448	166 A	100	ESTRELLA-TRIANGULO

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Tabla 2 Especificaciones de las bombas de la estación de agua LAS LOMAS

Tienen manómetros en succión y descarga		Presión*		Caudal*		Válvula de descarga (parcialmente cerrada)		Horas de operación año*	Observaciones Bombas individuales	Observaciones generales Técnicas
Succión	Descarga	Nominal	Medido	Nominal	Medi	Sí (%)	No (%)			
NO	SI	140 PSI	145	60 LTS/SG	50	50		24.876		Utiliza el tanque compensación Las Lomas como tanque succión, el tanque se abastece de las líneas 130" y 116" provenientes de los Tanques El Pórtico. La estación Las Lomas bombea al Tanque Bellavista con cabeza dinámica de las bombas de 100 metros y a través de una tubería impulsión 116".
NO	SI	140 PSI	145	60 LTS/SG	50	50		24.877		
NO	SI	140 PSI	145	60 LTS/SG	50	50		24.878		

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.1 Tanque de almacenamiento. A continuación, en la Tabla 3 *Tanque de almacenamiento LAS LOMAS* se encuentra toda la información del tanque de almacenamiento

Tabla 3 Tanque de almacenamiento LAS LOMAS

Nº tanque	Capacidad	Altura	Rebose	Nivel mínimo de bombeo	Descripción
1	8.349 m3	6.7 m	6.23	1.80 mts	Se almacena el agua proveniente de la Planta El Pórtico. Abastece: Zonas Central, Zona Norte y Partes N y W de la Zona oriental; Tanques San Luis y tanque San Mateo o Bellavista. El tanque consta de dos tipos de medida de nivel uno eléctrico y otro por altura mediante una manguera, con una diferencia de 0.30 mts.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.2 Esquema hidráulico

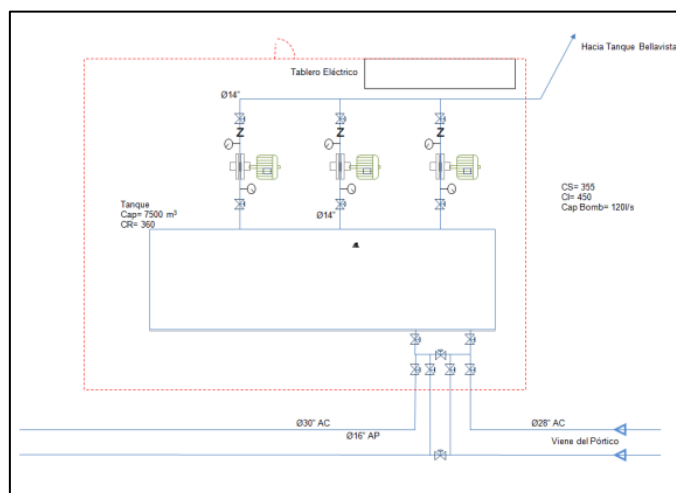


Figura 2. Esquema hidráulico LAS LOMAS

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.3 Esquema eléctrico

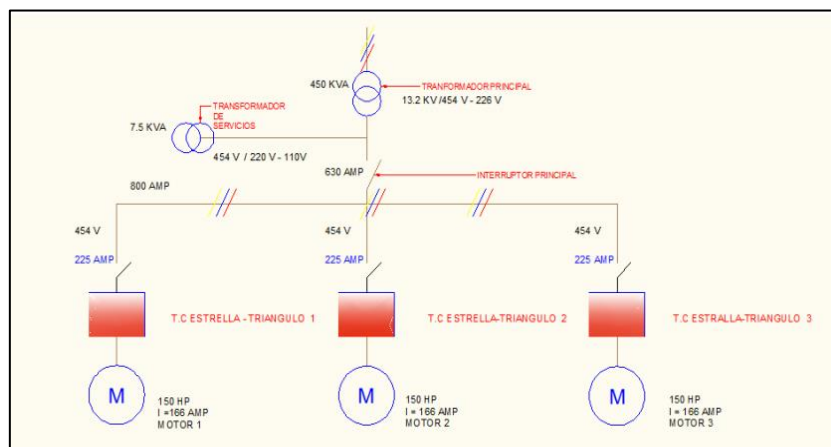


Figura 3. Esquema eléctrico LAS LOMAS

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.4 Líneas de entrada y salida. En la estación se encuentra dos líneas de entrada de agua la cual se nombran línea nueva y vieja respectivamente. A continuación, en la Tabla 4 *Líneas de entrada y salida LAS LOMAS* se encuentran las líneas de entrada y salida de la estación LAS LOMAS

Tabla 4 Líneas de entrada y salida LAS LOMAS

nombre	Diámetro	Operación
Pórtico	24Ø"	Es la entrada principal de la estación, el agua proviene directamente de la planta el pórtico <ul style="list-style-type: none"> • solo se opera si se va a realizar mantenimiento de la estación o con autorización directa del valvulero (móvil 25)
López	16Ø"	Línea de entrada de la estación López. <ul style="list-style-type: none"> • Con autorización del valvulero (móvil 25) para subir la presión de la línea de succión de López comparten línea de Santander.
San Luis	16Ø"	Línea de salida que conecta con la estación san Luis <ul style="list-style-type: none"> • solo se opera Con autorización de valvulero (móvil 25).
Indio	24Ø"	Línea de salida que conecta con la estación indio <ul style="list-style-type: none"> • solo se opera Con autorización de valvulero (móvil 25).
Bellavista	16Ø"	Línea de salida principal del bombeo, tubería de impulsión del sistema de bombeo de la estación <ul style="list-style-type: none"> • se opera cuando la estación tiene el bombeo totalmente suspendido cerrándola • o por mantenimiento de las unidades de bombeo

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.5 Condiciones de operación.

2.2.1.5.1 Condiciones iniciales. Estos parámetros se deben verificar secuencialmente y evaluar para tomar la decisión de iniciar la operación del sistema de bombeo:

- Estado de instrumentos y equipos de medida: se debe realizar inspección del estado del funcionamiento de los elementos como: manómetros, presostato, macro, caudalímetros, válvulas de alivio, o sobrepresión, en los cuales son los indicadores de caudales de entrada o salida del flujo del sistema o grupo de bombeo.
- Condiciones hidráulicas: en esta condición es muy importante tener en cuenta dos variables que son el estado de los instrumentos y equipos, y el registro de niveles y presiones.

➤ Registro de niveles y presiones: se debe llevar el registro existente en el sistema de bombeo, de presiones o niveles en los tanques o red de abastecimiento.

2.2.1.5.2 Instrucciones de inicio de un grupo de bombeo

Tabla 5 Instrucciones de inicio LAS LOMAS

Actividad	Variable	Equipo/Instrumento	Descripción
Verificar condiciones (antes del inicio)	Presión (psi)	Manómetro	La succión de las unidades de bombeo es positiva por lo tanto la presión de succión es de (4 – 8 psi)
	Voltaje (voltios(v))	Voltímetro	El voltaje debe estar + o - 5% – dentro de las especificaciones de trabajo nominales (420-460) de lo contrario no iniciar.
	Nivel Tanque (mts)	Nivel de agua en el tanque de almacenamiento	En la estación existe un tanque de 7500 m3 con un rebose de a los 6 mts de altura. El nivel mínimo de altura que debe tener para iniciar bombeo es de 1,80 mts
Informar operador de valvuleo	Operación de la red	Celular radio y/o base	Informar al valvulero que las condiciones de la estación permiten el inicio del bombeo, y esperar que el valvulero autorice el inicio, lo cual es indispensable siempre coordinar con este.
Operar	Caudal (l/s)	Válvula de succión	Realizar apertura del 100% de la válvula antes del inicio
		Válvula de descarga	Debe encontrarse cerrada al iniciar abrir 100%
	Eléctrica	Tablero Control	Pulsar el botón de inicio (verde)
Verificar condiciones (después del inicio)	Presión (psi)	Manómetro	La presión sobre la línea de impulsión debe ser de entre 138-142 psi, diferente a esta debe ser reportada al valvulero para su respectiva revisión y evaluar suspensión de bombeo.
	Eléctrica Voltaje (V) Corriente (A)	Amperímetro Voltímetro	Se verifica la tensión que se debe encontrar 5% + o – de la nominal (420-460) Se verifica la corriente del motor la cual se debe encontrar + o – 5% de la nominal (156-176) diferente a esta se debe evaluar suspensión del bombeo y reportar al CN electromecánica.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Mientras el bombeo continúe operando debe realizarse una verificación hora a hora, de las condiciones eléctricas, mecánicas e hidráulicas que se estén presentando, las cuales se registran en el formato MPT-DYB-F-01-04.

Se registra:

Tabla 6 Condiciones de operación LAS LOMAS

Variable	Unidad	Equipo/Instrumento medida	Registro	Descripción
Tensión	Voltios(v)	Voltímetro	Hora a hora	Se debe registrar el voltaje de operación el cual se debe mantener en un + o - 5% del nominal (420-460) diferente a este se debe suspender Bombeo
Nivel del Tanque	Mts	Nivel	Hora a hora	El nivel mínimo operación es 1,50 mts
Caudal	L/S	Caudalímetro	Hora a hora	Se registra hora a hora el caudal por grupo y o sistema de bombeo. En el caso de lomas <ul style="list-style-type: none"> • con un Grupo de Bombeo: 45 l/s • con dos Grupos de Bombeo: 100 l/s • con tres Grupos de Bombeo: 135 l/s
Corriente	Amperios (A)	Amperímetro	Hora a hora	Se verifica la corriente del motor la cual se debe encontrar + o - 5% de la nominal (156-176) diferente a esta se debe evaluar suspensión del bombeo y reportar al CN electromecánica.
Presión	Psi	Manómetro	Hora a hora	La presión sobre la línea de impulsión debe ser de entre 138-142 psi, diferente a esta debe ser reportada al valvulero para su respectiva revisión y evaluar suspensión de bombeo.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Las variables que se registran en el formato anteriormente mencionado son las que nos indican las condiciones de operación del Bombeo por ende se deben estar evaluando constantemente y registrando hora a hora, donde se presente valores diferentes sin justificación alguna por seguridad de los equipos y demás se debe suspender e informar a Grupos de Valvuleo y o Electromecánica.

También hay otras que deben ser inspeccionadas:

➤ **Condiciones Eléctricas:** Se deben verificar el estado y registro de los diferentes instrumentos de medición eléctricos como voltímetros amperímetros relé

Factor de Potencia con el fin de tener certeza de las variables sean las reales y por ende poder evaluar el comportamiento.

➤ **Condiciones mecánicas:** se debe verificar constantemente el estado físico y de funcionamiento de los equipos mecánicos del grupo o sistema de bombeo, igualmente identificando la presencia de ruidos, temperaturas u otros aspectos que no sean de carácter normal.

➤ **Condiciones hidráulicas:** se debe verificar de manera visual cualquier anomalía que pueda presentar las tuberías, válvulas, tanques y otros del sistema hidráulico de la estación.

2.2.1.5.3 Instrucción para la suspensión

Tabla 7 Instrucción para la suspensión LA LOMAS

Actividad	Variable	Equipo	Descripción
Informar operador Valvuleo	al de Operación de la red	Radio base o celular corporativo	Por solicitud directa del valvulero (por condiciones de la red o Daño), por no cumplimiento de cualquier condición de operación eléctrica, mecánica o hidráulica.
Cerrar válvula de descarga	Operación sistema bombeo	Válvula de descarga	Cerrar la válvula de descarga al 50% y después de suspender cerrar al 100%
Suspender	Operación sistema bombeo	Tablero de Control	Pulsar botón de suspensión (rojo)
Verificar el estado físico	Operación sistema bombeo	Conjunto motor-bomba, válvulas, tableros otros.	Verificar estado y condiciones en que quedan los equipos.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Debe suspenderse el bombeo cuando no se cumpla con alguna de las condiciones eléctricas, Mecánicas o Hidráulicas de tener en cuenta las más presentadas:

- **Eléctricas:**
 - Cuando se produzca una falla por anomalía en el voltaje (bajo o alto, caída de fases).

- Por falla en el Sistema eléctrico (Acometidas, cañuelas, transformador, motores tableros de control y o protección) Disparo, avería, ruido o daño en alguno de sus componentes, se evalúa salida de servicio.

- Mecánicas:

- Cuando se presente una falla en el componente de la bomba calentamiento excesivo, ruidos extraños, bloqueo o averías en las válvulas de control o retención, roturas o desajuste en tuberías y accesorios.

- Hidráulicas

- Cuando el nivel del tanque de succión sea inferior a 1.50 m.
- Por alto nivel en el tanque de llegada bellavista 5 mts
- Por perdida de presión en cualquier grupo de bombeo menor a 138 PSI

Las anteriores condiciones se evalúan para su aplicación tanto para la suspensión de algún grupo de bombeo como para el sistema general, donde en lo posible se debe aislar el o los grupos de bombeo con la falla y continuar con la operación con los disponibles.

2.2.1.6 Aspectos generales para verificar de la operación

Adicional a las condiciones ya descritas, en cada turno de operación se deben realizar las siguientes verificaciones:

- Estado de protecciones eléctricas Principales M.T (Cañuelas): Revisar su estado y conexión

- Revisión aspecto y de funcionamiento Transformador Principal: Pasar revista visual guardando la distancia de seguridad de los componentes del equipo verificando que no existan fugas, puntos calientes o cortocircuitos.

- **Conjunto Motor-Bomba:** Realizar inspección visual identificando fugas, vibraciones excesivas, ruidos anormales en rodamientos, estado de acoples y demás, toma temperatura la cual debe ser no mayor a 70 o 80 °C.
- **Tableros de control y protección:** Realizar inspección visual con el fin de identificar puntos calientes, corto circuitos, temperaturas excesivas posicionamiento de interruptores y dispositivos según la operación ON –OFF.
- **Válvulas tuberías y accesorios:** Realizar inspección visual y de maniobra a estos componentes con el fin de detectar fugas, hermeticidad operación corroborando su óptimo estado.
- **Caudales del sistema de bombeo:** La estación cuenta con tres grupos de bombeo instalados disponibles los cuales registran los siguientes caudales hacia el tanque Bellavista.

Tabla 8 Caudales del sistema de bombeo

Unidad	Caudal lts/sg	Presión psi
1	48	141
2	46	141
3	50	142
1-2	90	143
1-3	95	143
2-3	90	143
1-2-3	135	147

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.7 Diligenciamiento formato informe mensual LAS LOMAS


		MANUAL DE PROCESOS TÉCNICOS DILIGENCIAR ESTA CASILLA DEL FORMATO CON EL ACUMULADO DEL MES DE LA ENERGÍA REACTIVA (KVAR/H)		PROMEDIO DEL NIVEL O PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL MES EN EL CASO DE NO TENER COMO MEDIR LA PRESIÓN DE SUCCIÓN, DEBE REGISTRARSE EL NIVEL PROMEDIO		MPT-ELC-F-01-08 VERSION 21 4 Página 1 de 1	
INFORME MENSUAL OPERACIONAL DE GRUPOS DE BOMBEO PARA ELECTROMECANIPROMEDIO							
ESTACION y/o TANQUE		MES		AÑO			
CONSUMO DE ENERGÍA		MES	ACUMULADO	VOLUMEN BOMBEO (M3)		MES	ACUMULADO
FACOR CONVERSION	ACTIVA						
	REACTIVA						
PROMEDIO DEL MES	NIVEL O PRESION SUCCION			PRESION DE DESCARGA			
HORAS DE TRABAJO DE LOS GRUPO DE BOMBEO ACOMULADO MES							
GRUPO DE BOMBEO No.1				GRUPO DE BOMBEO No.4		VOLUMEN DE AGUA BOMBEO EN EL MES (M3) METROS CUBICOS	
GRUPO DE BOMBEO No.2				GRUPO DE BOMBEO No.5		EL ACUMULADO TANTO EN LAS CASILLAS DE ACTIVA, REACTIVA Y VOLUMEN BOMBEO SE REFIERE AL ACUMULADO DEL AÑO DE LA SUMATORIA DE ESTAS VARIABLES A TRAVES DEL AÑO	
GRUPO DE BOMBEO No.3				HORAS DE TRABAJO DE CADA UNIDAD DE BOMBEO EN EL MES			
OT PENDIENTE POR EJECUTAR				DESCRIPCION DE ORDEN DE TRABAJO			
No. OT				ORDENES DE TRABAJO QUE ESTEN PENDIENTES POR REALIZAR, Y LA APERTURA DE ESTAS ORDENES HAYA SIDO REALIZADA POR EL OPERADOR		SERVACIONES	
No. OT							
No. OT							
OBSERVACIONES DE LA ESTACION GENERALES Y NECESIDADES, SE DEBEN REPORTAR EN ESTE ESPACIO				NOMBRE DE LOS OPERADORES DE LA ESTACION RESPONSABLES DEL INFORME			
RESPONSABLES DEL DILIGENCIAMIENTO FORMATO							
OPERADOR No. 1		OPERADOR No. 2		OPERADOR No. 3			

Figura 4. Esquema eléctrico LAS LOMAS

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.7.1 Explicación del diligenciamiento del formato

Tabla 9 Explicación del diligenciamiento del formato

Registro	Unidad/tipo	Descripción diligenciamiento
Estación y tanque	Nombre	Se realiza el registro del nombre de la estación y/o tanque que diligencia el formato
Mes	Mes	Registro del mes al que corresponde el diligenciamiento del formato
Año	Año	Registro del año en que se realiza el diligenciamiento del formato
Factor de conversión	Constante	El factor de conversión dada por la comercializadora de la energía un numero constante que se utiliza para calcular la energía activa y reactiva
Activa mes	Kw/h	Se registra el acumulado del mes de la energía activa
Reactiva mes	Kvar/h	Se registra el acumulado del mes de la energía reactiva
Acumulado	Kw/h, kvar/h, m3	Se registra el acumulado de los transcurrido en el año para la activa, reactiva y volumen bombeado
Presión succión o nivel tanque	psi, mts	Promedio del mes de la presión de succión del sistema de bombeo o el registro del promedio del nivel del tanque del mes.
Presión de descarga	Psi	Promedio del mes de la presión de descarga, del sistema de bombeo
Horas de trabajo	Horas, minutos	Registro de cantidad de horas en servicio de cada unidad de bombeo en el mes
Observaciones	N/A	Se registra cualquier novedad o necesidad de la estación.
Responsables diligenciamiento ANEXOS	N/A	Responsables que diligenciaron el formato mensual.
Volumen bombeado diario	M3	Realizar una columna aparte del formato donde se diligencia el volumen bombeado de cada día del mes.6

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.1.7.2 Diligenciamiento de la bitácora. La bitácora es el libro donde se registra las actividades diarias de la estación como las condiciones generales de la operación del sistema de bombeo al recibir y entregar turno, las novedades del personal que ingresa a la estación tanto interno como externo, trabajos que se realicen y todas las novedades que se puedan presentar. Por ello el diligenciamiento es de carácter obligatorio hace parte de las funciones propias del cargo. Ejemplo de lo que se debe registrar en la bitácora:

- Entrega y recibimiento del turno en lo que se incluye la condiciones en que se entrega.

- Ingreso y salida de personal tanto de funcionarios de la organización como de personas ajenas a la misma.
- Salida o entrada de materiales.
- Registro de los datos mensuales: activa, reactiva, horas de trabajo.
- Registro de novedades de la estación como convocatorias a capacitaciones, reuniones.
- Registro de actividades realizadas durante el turno ejemplo: limpieza, inicio o suspensión de unidades etc.

2.2.1.8 Informe de mantenimiento diario

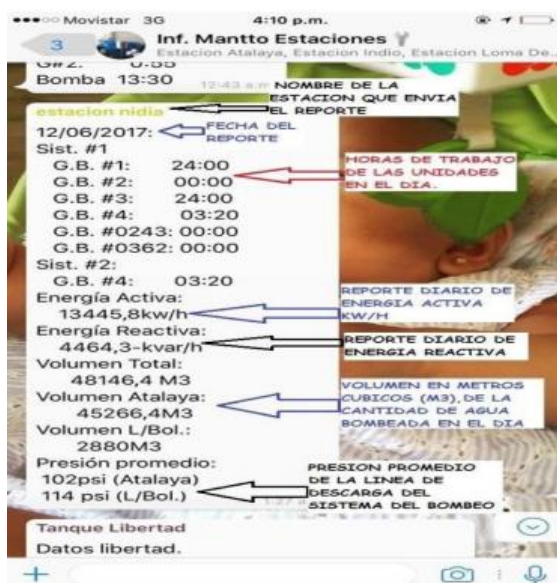


Figura 5. Informe del mantenimiento diario

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Este ejemplo de la **Figura 5.** Informe del mantenimiento diario es el reporte diario de los datos necesarios solicitados a todas las estaciones y/o tanques, y se debe realizar diariamente, es

obligación de todos los operadores el verificar que el reporte sea realizado en el grupo de información de mantenimiento.

La forma de realizar el reporte es de la siguiente manera:

Tabla 10 Forma de realizar el reporte

Reporte	Unidad	Como reportar
Estación		Nombre de la estación que realiza el reporte
Fecha		Fecha en la que se realiza el reporte
Horas de trabajo	Horas y minutos	Se debe especificar la unidad de bombeo que trabajo, con sus respectivas horas y minutos laborados, hasta las 24:00 de ese día.
Energía activa	Kilowatts/horas(kW/h)	Se debe realizar la toma de la lectura y realizar el cálculo de la energía activa real, (Lectura día – lectura anterior) x factor de conversión
Energía reactiva	Kilovar/horas(kvar/h)	Se debe realizar la toma de la lectura y realizar el cálculo de la energía reactiva real, (Lectura día – lectura anterior) x factor de conversión
Volumen bombeo diario	Metros cúbicos (m3)	Se debe reportar el volumen bombeado del día, la forma de calcularlo es $\frac{(\text{promedio de caudal hora} \times 3600) \times 24}{1000}$
Promedio presión descarga	Psi (libra por pulgada cuadrada)	Promedio de la presión del sistema

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Reporte hora a hora de la estación

El reporte de las condiciones de la estación se puede realizar por dos vías.

- Vía grupo de WhatsApp
- Vía radio base
- Vía comunicación celular

Vía WhatsApp es obligación reportar hora a hora las condiciones después de las 24:00 horas hasta las 06:00 del día siguiente.

2.2.2 Manual de operación estación ATALAYA





En la estación de agua ATALAYA, las cuatro (4) bombas centrífugas instaladas son de tipo impulsor cerrado. Se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** A continuación, se encuentran las especificaciones y características de las bombas presentes en la **Tabla 11** Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA y **Tabla 12** Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA.



Figura 6. Estación ATALAYA

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Tabla 11 Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA

Equipo	Fotografía equipo	Año de instalación	Tipo de bomba	Marca bomba	Modelo (foto de placa)	Diámetro impulsor [In]	Potencia motor eléctrico (foto de placa)	Potencia motor eléctrico [HP-Kw]		Voltaje [V]		Amperaje [I]		Tipo de arranque
								Nominal	Medido	Nominal	Medido	Nominal	Medido	
Bomba 1		1970	CENTRIFUGA A IMPULSOR CERRADO	Worthington		10		60 - 44.7	67-50	440	445	77 A	75	ESTRELLA-TRIANGULO
Bomba 2		1970	CENTRIFUGA A IMPULSOR CERRADO	Worthington		10		60 - 44.7	64-48	440	445	77 A	75	ESTRELLA-TRIANGULO
Bomba 3		1970	CENTRIFUGA A IMPULSOR CERRADO	Worthington		10		60 - 44.7	60-45	440	445	77 A	76	ESTRELLA-TRIANGULO
Bomba 4		1970	CENTRIFUGA A IMPULSOR CERRADO	Worthington		10		60 - 44.7	54-41	440	445	77 A	75	ESTRELLA-TRIANGULO

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Tabla 12 Especificaciones de las bombas de la estación de agua ATALAYA

Tienen manómetros en succión y descarga		Presión*		Caudal*		Válvula de descarga (parcialmente cerrada)		Horas de operación/año*	Observaciones Bombas individuales	Observaciones generales
Succión	Descarga	Nominal	Medido	Nominal	Medido	Sí (%)	No (%)			
Sí	Sí	34 PSI	30	109 LTS / SG	104	50		3735		La succión la recibe del tanque bajo de Atalaya que se abastece de tres líneas 116", dos que vienen de la Estación Santander y una de la Estación El Indio.
Sí	Sí	34 PSI	31	109 LTS / SG	79	50		3735		La estación Atalaya funciona como estación emergente cuando no opera el Acueducto Pío Zulia, bombea al tanque la Victoria con altura dinámica de las bombas de 33 m en línea de impulsión de la 116".
Sí	Sí	34 PSI	30	109 LTS / SG	78	50		3735		La estación de bombeo de Juan Atalaya, está compuesta de cuatro (4) bombas accionadas por motores eléctricos diseñados para funcionar a 440 voltios. Cada bomba está capacitada para elevar un caudal de 82 l/s cada una a la altura de 33 m.
Sí	Sí	34 PSI	31	109 LTS / SG	105	50		3735		Las cuatro (4) motobombas están situadas en paralelo pudiéndose operar simultáneamente hasta un máximo de tres (3) bombas para obtener un caudal de 248 l/s. La cuarta bomba que permanecerá fuera de funcionamiento servirá de emergencia por lo tanto deben operarse en forma alternada con el fin de que todas tengan el mismo uso.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.1 Tanque de almacenamiento

Tabla 13 Tanque de almacenamiento ATALAYA

Nº tanque	Capacidad	altura	rebose	Nivel mínimo de bombeo	Descripción
1	1.727,37m3	4.5 m	4.10 m	1,60 m	se almacena el agua proveniente del indio y Santander

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.2 Equipos de bombeo

Tabla 14 Equipos de bombeo ATALAYA

	EQUIPO	CANT.	PRESION	CAUDAL	POTENCIA	CORRIENTE NOMINAL (In)	VOLTAJE (V)	TIPO DE ARRANQUE	TIPO
BOMBEO PRINCIPAL AL TANQUE LA VICTORIA	MOTOR	4	N/A	N/A	60 HP	154 - 77 AMP	230 - 460 V	TRIANGULO-ESTRELLA	HORIZONTAL INDUCCION
	BOMBA	4	34 PSI	109 LTS / SG	-----	N/A	N/A	N/A	CENTRIFUGA IMPULSOR CERRADO

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.3 Esquema hidráulico

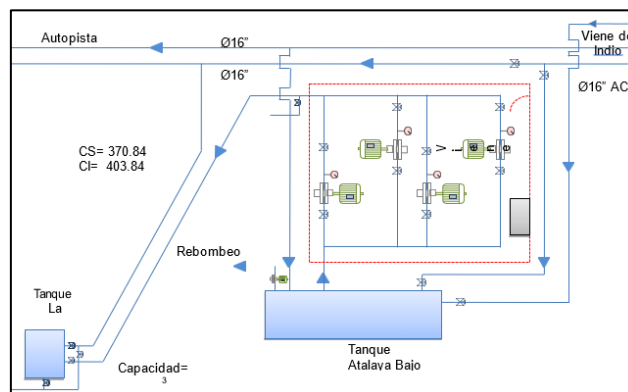


Figura 7. Esquema hidráulico ATALAYA

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.4 Esquema eléctrico

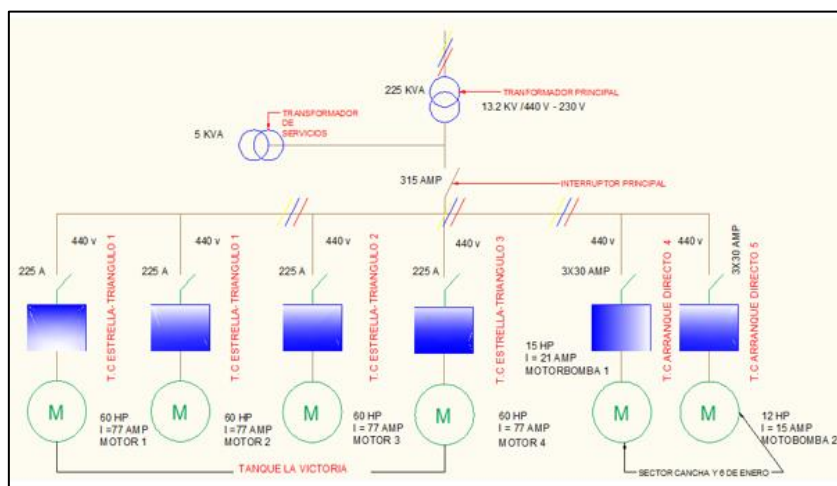


Figura 8. Esquema eléctrico ATALAYA

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.5 Condiciones de operación

2.2.2.5.1 Condiciones iniciales. Estos parámetros se deben verificar secuencialmente y evaluar para iniciar la operación del sistema de bombeo.

- Condiciones eléctricas: Verificar y controlar variables eléctricas mediante los instrumentos de medida como amperímetros, voltímetros, etc.
- Condiciones mecánicas: realizar inspección física al componente de elementos mecánicos como bombas, válvulas de control y retención, tuberías, apoyos, confirmando así sus condiciones óptimas de operación.
- Condiciones hidráulicas: En esta condición es muy importante tener en cuenta dos variables que son el estado de los instrumentos y equipos, y el registro de niveles.
- Estado de instrumentos y equipos: Se debe realizar inspección del estado del funcionamiento de los elementos como manómetros, presostato, macro medidores,

válvulas de alivio, o sobrepresión, los cuales son los indicadores de caudales de abastecimiento o salida del sistema o grupo de bombeo.

➤ Registro de niveles y presiones: Se debe revisar los registros de entrada al sistema de bombeo; en este caso el nivel en el tanque de abastecimiento.

2.2.2.5.2 Instrucciones de inicio

Tabla 15 Instrucciones de inicio ATALAYA

Actividad	Variable	Equipo	Descripción
Verificar condiciones (antes del inicio)	Voltaje (voltios(v))	Voltímetro	El voltaje debe estar + o - 5% - dentro de las especificaciones de trabajo nominales (420-460) de lo contrario no iniciar.
	Almacenamiento (m3)	Nivel de agua en el tanque de almacenamiento	En la estación el tanque de almacenamiento el nivel de rebose es 4,00 m, nivel mínimo de bombeo 1,20 m.
Informar operador de valvuleo	Operación de la red	Celular o radio- teléfono	Informar al valvulero que las condiciones de la estación permiten el inicio del bombeo, y esperar que el valvulero autorice el inicio, lo cual es indispensable siempre coordinar con este
Operar	Válvulas	Válvula de succión	Realizar apertura del 100% de la válvula antes del inicio de la unidad
		Válvula de descarga	Abrir la válvula de descarga inmediatamente después del inicio
	Tablero de control	Pulsador de inicio (verde)	Pulsar el botón de inicio
Verificar condiciones (después del inicio)	Presión (psi)	Manómetro	Se verifica la presión de descarga la cual deben estar entre 28-33 psi, presiones diferentes deben ser analizadas y reportada al valvulero con el fin de corroborar operación de la red o descartar una rotura en la tubería de impulsión al tanque La Victoria.
	Intensidad (amperios)	Amperímetro	Se verifica la corriente del motor la cual se debe encontrar + o - 5% entre (73-81 A) de la nominal (77 A) diferente a esta se debe evaluar suspensión del bombeo y reportar al CN electromecánica.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.5.3 Condiciones mínimas de operación. Mientras el sistema de bombeo esté operando debe realizarse una verificación hora a hora de las condiciones.

Se registra:

Tabla 16 Condiciones mínimas de operación ATALAYA

variable	Unidad	Equipo	Periodicidad del registro	Descripción
Nivel de tensión	Voltios(v)	Voltímetro	Hora a hora	En esta parte del formato se registra el nivel de tensión durante la operación del equipo, el rango de nivel de tensión de operación es de un + o - 5% - dentro de las especificaciones de trabajo nominales (420-460)
Nivel de agua tanque de almacenamiento	Almacenamiento (m)	Nivel	Hora a hora	El nivel mínimo operacional es 1,20 m y el máximo 4,00 m
Caudal	Litros/segundos (l/s)	caudalímetros	Hora a hora	Se registra hora a hora el caudal que del sistema de bombeo teniendo en cuenta la operación.
Nivel de intensidad	Amperios (amp.)	amperímetro	Hora a hora	Se registra la intensidad del motor la cual se debe encontrar + o - 5%) entre (73-81 A) de la nominal (77 A) diferente a esta se debe evaluar suspensión del bombeo y reportar al CN electromecánica.
Presión	Psi	Manómetro	Hora a hora	Se registra la presión de descarga la cual deben estar entre 28-33 psi, presiones diferentes deben ser analizadas y reportada al valvulero.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Las variables que se registran en el formato de la Tabla 16 Condiciones mínimas de operación ATALAYA, son las que muestran las condiciones operacionales; si alguna de estas presenta anomalía deberá suspenderse el grupo de bombeo que lo presente.

Además de las variables que se evalúan para continuar o no la operación, también hay otras que deben ser inspeccionadas, tales como las que se relacionan a continuación:

- **Condiciones eléctricas:** verificar condiciones eléctricas mediante el estado y operación de los instrumentos de medida como amperímetros, voltímetros, Vatímetros y analizadores que se encuentren instalados.
- **Condiciones mecánicas:** Se debe verificar constantemente el estado físico y funcionamiento de los equipos mecánicos del grupo o sistema de bombeo, igualmente identificando la presencia de posibles ruidos, temperaturas u otros aspectos que no sean normales.
- **Condiciones hidráulicas:** Se debe verificar de manera visual cualquier anomalía que pueda presentar la tubería del sistema hidráulico de la estación.

2.2.2.5.4 Instrucción para la suspensión. Condiciones relevantes para suspensión obligatoria del bombeo

Tabla 17 Instrucciones para la suspensión ATALAYA

Actividad	variable	Equipo	Descripción
Informar al valvulero de la suspensión	N/A	Radio-teléfono celular corporativo	Se informa al valvulero la razón de la suspensión por cambio de las condiciones o porque el equipo presenta un problema. En este punto también el valvulero puede ordenar la suspensión del bombeo de manera autónoma
Cerrar válvula de descarga	N/A	Válvula de descarga	Cerrar la válvula de descarga al 50% y después de suspender el equipo cerrar al 100%
Suspender	N/A	pulsador	Presiona el botón (rojo) de parada, para realizar la suspensión del Grupo de Bombeo
Verificar el estado físico	N/A	N/A	Verificar el estado de los equipos después de la suspensión de bombeo.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

- a. Cuando está operando la estación de bombeo el tanque de succión indique un nivel inferior a 1.40 m de altura.
- b. Cuando se salte una cuña (fusible) del transformador.
- c. Cuando se produzca un daño en la línea de impulsión al tanque La Victoria.
- d. Cuando el voltaje en el tablero de control sea superior a 450 e inferior a 420 voltios.
- e. Cuando se produzca recalentamiento en algunas(s) bomba(s) o se suba el amperaje (registrando en el tablero de mando a valores diferentes entre (73-81) amperios por cada bomba), estas deberán apagarse y solicitar revisión.
- f. Cuando se presente nivel máximo en el tanque La Victoria, previa información al valvulero en turno. Se debe suspender gradualmente el bombeo, apagando una por una las motobombas.
- g. Cuando el manómetro en la tubería de impulsión indique una presión mayor a 33 PSI

2.2.2.6 Aspectos generales de la operación

➤ Verificaciones: Adicional a las condiciones ya descritas, en cada turno de operación se deben realizar verificaciones de los fusibles eléctricos, nivel de aceite en los motores y el tablero de control, tal y como se describe a continuación:

➤ Fusibles: Revisar que las cuñas de los fusibles del transformador estén conectadas debidamente

➤ Aceite: Revisar que el nivel de aceite sea el correcto a través del dispositivo deposito que encuentra en la parte superior del motor eléctrico. Se tiene una señal indicadora de nivel; en caso necesario completar el nivel con aceite adecuado.

➤ Tablero de control: Para el correcto funcionamiento se debe tener en cuenta lo siguiente.

- Comprobar que el switch general este en posición encendido (ON)
- Comprobar que el breaker totalizador se encuentre en posición ON
- Comprobar que el breaker de la unidad este en ON

2.2.2.6.1 Operación bombeo

La estación cuenta con cuatro grupos de bombeo que constan de motor-bomba con especificaciones descritas anteriormente en equipos de la estación. Con estos equipos de bombeo se eleva el fluido al tanque La Victoria.

Se indica a continuación de manera general y aproximada la capacidad de unidades de bombeo y sus combinaciones

Tabla 18 Caudales del sistema de bombeo hacia la victoria

Sistema de bombeo hacia la victoria	Unidades	Caudal lts/sg	Presión psi
	1	104	28
	2	80	28
	3	80	29
	4	100	28
	1 y 2	186	30
	1 y 3	185	31
	2 y 3	165	32
	1-2-3-4	254	33

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Tabla 19 Caudales del sistema de bombeo sectores aledaños

Sistema de bombeo a sectores aledaños	Unidades	Caudal lts/sg	Presión psi
	1 (verde)	25	65
2 (azul)	20	65	

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.7 Diligenciamiento formato informe mensual

AGUAS KPITAL CÚCUTA Organismo Autónomo		MANUAL DE PROCESOS TÉCNICOS			MPT-ELC-F-01-08	
<p>DELEGAR ESTA CABELLA DEL FORMATO CON EL ACUMULADO DEL MES DE LA ENERGÍA ACTIVA (KW/H)</p>		<p>DELEGAR ESTA CABELLA DEL FORMATO CON EL ACUMULADO DEL MES DE LA ENERGÍA REACTIVA</p>			<p>PROMEDIO DEL NIVEL O PRESIÓN DE SUCCIÓN DEL MES EN EL CASO DE NO TENER COMO MEDIR LA PRESIÓN DE SUCCIÓN DEBE REGISTRARSE EL NIVEL</p>	
<p>MANTENIMIENTO (OVAR/M)</p>		<p>ESTADO DE EQUIPOS</p>		<p>VERSIÓN 4</p> <p>Página 1 de 1</p>		
INFORME MENSUAL OPERACIONAL DE GRUPOS DE BOMBEO PARA ELECTROMECANIPROMEDIO						
ESTACION y/o TANQUE		MES		AÑO		
CONSUMO DE ENERGÍA		MES	ACUMULADO	VOLUMEN BOMBADO (M3)		MES
FACOR CONVERSION	ACTIVA					ACUMULADO
	REACTIVA					
PROMEDIO DEL MES	NIVEL O PRESION SUCCION			PRESION DE DESCARGA		
HORAS DE TRABAJO DE LOS GRUPO DE BOMBEO ACOMULADO MES						
GRUPO DE BOMBEO No. 1		GRUPO DE BOMBEO No. 4		VOLUMEN DE AGUA BOMBADA EN EL MES (M3) METROS CUBICOS	EL ACUMULADO TANTO EN LAS CABELLAS DE ACTIVA, REACTIVA Y VOLUMEN BOMBADO SE REFIERE AL ACUMULADO DEL AÑO DE LA SUMATORIA DE ESTAS VARIABLES A TRAVES DEL AÑO	
GRUPO DE BOMBEO No. 2		GRUPO DE BOMBEO No. 5				
GRUPO DE BOMBEO No. 3		HORAS DE TRABAJO DE CADA UNIDAD DE BOMBEO EN EL MES				
OT PENDIENTE POR EJECUTAR		DESCRIPCION DE ORDEN DE TRABAJO				
No. OT						
No. OT		ORDENES DE TRABAJO QUE ESTEN PENDIENTES POR REALIZAR, Y LA APERTURA DE ESTAS ORDENES HAYA SIDO REALIZADA POR EL OPERADOR				
No. OT		SERVICIOS				
OBSERVACIONES DE LA ESTACION GENERALES Y NECESIDADES, SE DEBEN REPORTAR EN ESTE ESPACIO		NOMBRES DE LOS OPERADORES DE LA ESTACION RESPONSABLES DEL INFORME				
RESPONSABLES DEL DILIGENCIAMIENTO FORMATO						
OPERADOR No. 1		OPERADOR No. 2			OPERADOR No. 3	

Figura 9. Formato informe mensual ATALAYA

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.7.1 Explicación del diligenciamiento del formato

Tabla 20 Explicación del diligenciamiento del formato ATALAYA

Registro	Unidad	Descripción diligenciamiento
Estación y tanque	Nombre	Se realiza el registro del nombre de la estación y/o tanque que diligencia el formato
Mes	Mes	Registro del mes al que corresponde el diligenciamiento del formato
Año	Año	Registro del año en que se realiza el diligenciamiento del formato
Factor de conversión	Constante	El factor de conversión dada por la comercializadora de la energía un numero constante que se utiliza para calcular la activa reactiva reales
Activo mes	Kwh	Se registra el acumulado del mes de la energía activa
Reactivo mes	Kvarh	Se registra el acumulado del mes de la energía reactiva
Acumulado	Kwh, kvarh, m3	Se registra el acumulado de los transcurrido en el año para la activa, reactiva y volumen bombeado
Presión succión o nivel tanque	Psi, mts	Promedio del mes de la presión de succión del sistema de bombeo o el registro del promedio del nivel del tanque del mes.
Presión de descarga	Psi	Promedio del mes de la presión de descarga, del sistema de bombeo
Horas de trabajo	Horas, minutos	Registro de cantidad de horas en servicio de cada unidad de bombeo en el mes
Observaciones	N/A	Se registra cualquier novedad o necesidad de la estación.
Responsables diligenciamiento	N/A	Responsables que diligenciaron el formato mensual.
ANEXOS		
Volumen bombeado diario	M3	Realizar una columna aparte del formato donde se diligencia el volumen bombeado de cada día del mes.

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

2.2.2.7.2 Diligenciamiento de la bitácora

La bitácora es el libro que registra las actividades diarias de la estación, novedades, personal que ingresa, trabajos que se realizan ect...

Por ello el diligenciamiento es de carácter obligatorio hace parte de las funciones propias del cargo.

Ejemplo de lo que se debe registrar en la bitácora:

- Entrega y recibimiento del turno en lo que se incluye la condiciones en que se entrega.
- Ingreso y salida de personal tanto de funcionarios de la organización como de personas ajenas a la misma.

- Salida o entrada de materiales.
- Registro de los datos mensuales ejem: activa, reactiva, horas de trabajo.
- Registro de novedades de la estación como convocatorias a capacitaciones, reuniones.
- Registro de actividades realizadas durante el turno ejemplo: limpieza, inicio o suspensión de unidades ect.

2.2.2.8 Informe de mantenimiento diario ATALAYA



Figura 10. Informe mantenimiento diario

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Este ejemplo de la **Figura 10.** Informe mantenimiento diario, es el reporte diario de los datos necesarios solicitados a todas las estaciones y/o tanques, y se debe realizar diariamente, es obligación de todos los operadores el verificar que el reporte sea realizado en el grupo de información de mantenimiento.

La forma de realizar el reporte es de la siguiente manera:

Tabla 21 Forma de realizar el reporte ATALAYA

Reporte	Unidad	Como reportar
Estación	n/a	Nombre de la estación que realiza el reporte
Fecha	n/a	Fecha en la que se realiza el reporte
Horas de trabajo	Horas y minutos	Se debe especificar la unidad de bombeo que trabajo, con sus respectivas horas y minutos laborados, hasta las 24:00 de ese día.
Energía activa	Kilowatts/horas(kW/h)	Se debe realizar la toma de la lectura y realizar el cálculo de la energía activa real, (Lectura día - lectura anterior) x factor de conversión
Energía reactiva	Kilovar/horas(kvar/h)	Se debe realizar la toma de la lectura y realizar el cálculo de la energía reactiva real, (Lectura día - lectura anterior) x factor de conversión
Volumen bombeo diario	Metros cúbicos (m3)	Se debe reportar el volumen bombeado del día, la forma de calcularlo es $\frac{(\text{promedio de caudal hora} \times 3600) \times 24}{1000}$
Promedio presión descarga	Psi (libra por pulgada cuadrada)	Promedio de la presión del sistema

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA

Reporte hora a hora de la estación

El reporte de las condiciones de la estación se puede realizar por dos vías.

- Vía grupo de WhatsApp
- Vía radio base
- Vía comunicación celular

Vía WhatsApp es obligación reportar hora a hora las condiciones

después de las 24:00 horas hasta las 06:00 del día siguiente.

Los motores y bombas pueden ser complementados en su operación mediante el monitoreo en tiempo real de todas las variables que pudieran influir en la eficiencia de cada uno de estos, como presiones, caudales, potencia consumida, entre otros.

Las principales técnicas de ingeniería que se utilizan para el diagnóstico y la evaluación de las oportunidades de ahorro más importantes en este tipo de sistemas, con el objetivo de identificar medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía en dichas instalaciones. El principio conceptual de la AE (Auditoría energética) es el balance de energía. Este se basa

esencialmente en determinar la energía consumida y las pérdidas en cada componente del proceso de bombeo: es decir, desde la entrada de energía en la acometida del suministrador, pasando por todos los elementos del sistema, hasta la entrega de agua al punto de uso. Este método permite distinguir cuánta energía suministrada se convierte en trabajo útil, que es el mínimo trabajo para bombear el agua estrictamente necesaria hasta todos los puntos del sistema de distribución. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un diagrama simple del balance.

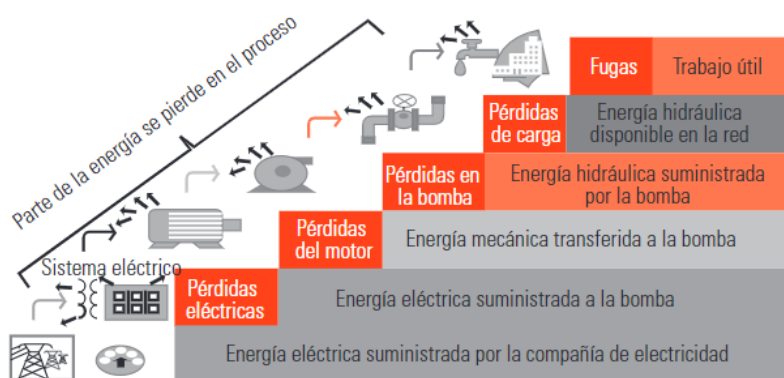


Figura 11. Diagrama simple del balance de energía

Fuente: Publicaciones obtenido en: <https://bit.ly/4321HBr>

La energía que no se convierte en trabajo útil representa una pérdida y, por ende, áreas de oportunidad de ahorro. Esta técnica permite identificar y cuantificar en dónde están las mayores pérdidas y cuánto de esas pérdidas se puede ahorrar, sin dejar ninguna parte del sistema sin evaluar.

2.2.3 Tipos de bombas

2.2.3.1 Bomba vertical tipo turbina



Figura 12. Bomba vertical tipo turbina

Fuente: Neptuno pumps obtenido en: <https://bit.ly/3MyaRhS>

Las bombas verticales de turbina están diseñadas para aplicaciones de bombeo con líquidos limpios o ligeramente contaminados. La sección hidráulica está sumergida en el líquido a bombear, con el motor montado en seco en la parte superior del pozo o cántara. La descarga se produce a través de la columna montante / descarga común, donde se encuentra el eje de la bomba. Las bombas verticales de turbina tienen un eje de vertical con cojinetes deslizantes lubricados por el líquido bombeado.

2.2.3.2 Bomba centrífuga con impulsor cerrado



Figura 13. Bomba centrífuga con impulsor cerrado

Fuente: Montajes soluciones ingeniería obtenido en: <https://bit.ly/433GsPJ>

Los impulsores cerrados tienen los álabes colocados entre dos paredes laterales. Las tolerancias muy cerradas evitan fugas de retroceso entre la impulsión y la aspiración. La principal ventaja de esta solución es que los aros de cierre se pueden reemplazar fácilmente, evitando así fugas mayores. Para minimizar el desgaste se pueden aplicar materiales especiales según las condiciones de trabajo.

2.2.3.3 Bomba horizontal carcasa partida

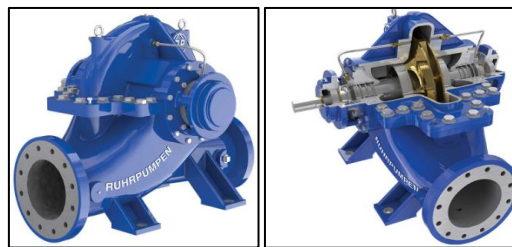


Figura 14. Bomba horizontal carcasa partida

Fuente: Ruhrpumpen obtenido en: <https://bit.ly/4300v1x>

Bomba horizontal, de etapa simple, entre rodamientos, partida axialmente. Su innovador diseño permite una instalación más compacta y asegura la alineación perfecta.

- Diseño del Instituto de Hidráulica (IH) - Tipo BB1*
- Diseño de alta eficiencia montado en patas
- El diseño con carcasa axialmente partida y voluta simple y doble minimiza las cargas de empuje y permite la operación en una amplia gama de capacidades
- Conexiones bridadas
- Configuración de boquilla lado-lado

- Impulsores cerrados de doble succión que proporcionan equilibrio hidráulico eliminando el empuje axial
- Rotación hacia la derecha o izquierda
- Cojinetes lubricados con aceite o grasa
- Caja de prensaestopas configurada para empaquetadura o sello mecánico
- Anillos de desgaste renovables
- Disponible en configuraciones para montaje horizontal o vertical

Materiales de fabricación de norma

- Hierro fundido

2.2.3.4 Bombas Rotodinámicas (centrífugas). Se llaman bombas rotodinámicas porque su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente juega un papel esencial en la transmisión de la energía, su órgano transmisor de energía se llama rodete, rotor o impulsor. (Duque, 1993). Elementos constitutivos de una bomba rotodinámica (centrífuga) Las bombas rotodinámicas o centrífugas constan de los elementos descritos a continuación. (Renedo, 2002) Impulsor o rodete, el cual gira sólidamente con el eje del motor y consta de un cierto número de álabes que imparten energía al fluido en forma de energía cinética y energía de presión. Tal como se muestra en la **Figura 15**.

1. Cerrados: El habitual, mejor rendimiento, posibles problemas de obstrucción.
2. Semiabierto: Sin problemas de obstrucción, se emplean con fluidos “sucios”
3. Abiertos: Sin problemas de obstrucción, muy malos rendimientos hidráulicos por “fugas internas”

4. Doble aspiración: Compensa esfuerzos axiales, para grandes caudales

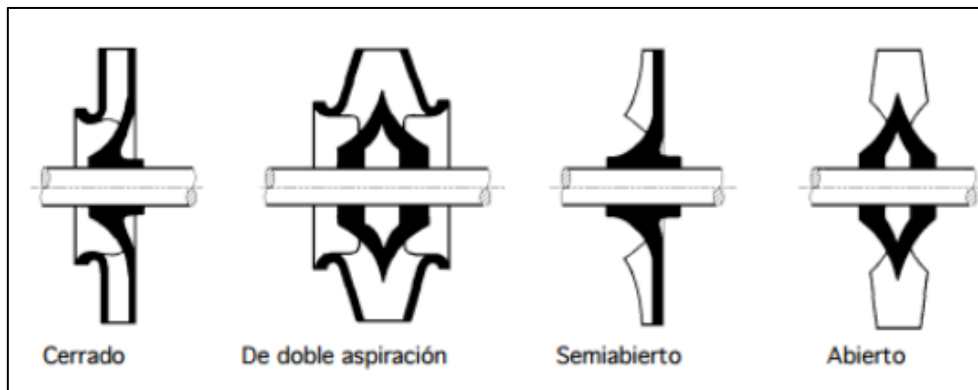


Figura 15. Tipos de rodete

Fuente: Eficiencia energética para la estación de agua cruda de dolores obtenido en <https://bit.ly/430szl3>

Caja espiral o voluta, transforma también la energía dinámica en energía de presión. Recoge el fluido que sale del rodete, conduciéndolo hasta la tubería de salida o tubería de impulsión. Tal como se muestra en la **Figura 16**.

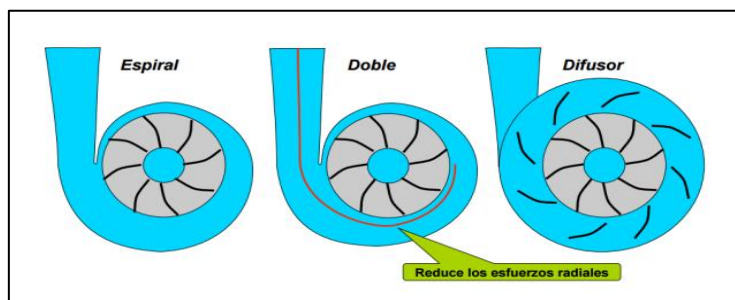


Figura 16. Tipos de voluta

Fuente: Eficiencia energética para la estación de agua cruda de dolores obtenido en <https://bit.ly/430szl3>

La **Figura 17**. Elementos constitutivos de una Bomba muestra los elementos constitutivos de las bombas centrífugas ensamblados, tales como salida, brida de impulsión, empaquetadura, rodete, entrada, brida de aspiración, eje y voluta.

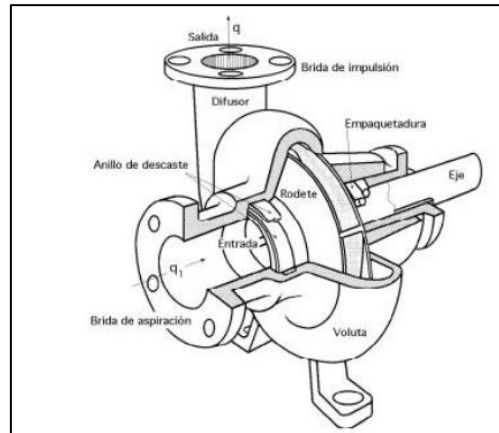


Figura 17. Elementos constitutivos de una Bomba

Fuente: Eficiencia energética para la estación de agua cruda de dolores obtenido en <https://bit.ly/430szl3>

2.2.4 Altura útil o efectiva de una bomba

La altura útil o efectiva de una bomba es la altura teórica que imparte el rodete al fluido menos las pérdidas en el interior de la bomba, H_{int} . (Duque, 1993)

$$H_u = H_t - H_{int} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

H_u : Altura útil o efectiva de una bomba (m)

H_t : Altura teórica que imparte el rodete al fluido (m)

Hint: Pérdidas en el interior de la bomba (m)

2.2.5 Rendimientos

En una bomba centrífuga el impulsor genera toda la carga. El resto de las partes no ayudan a aumentarla, sino que producen pérdidas inevitables, tanto hidráulicas como mecánicas. Todas las pérdidas que se originan entre los puntos donde se mide la presión de succión y descarga, constituyen las pérdidas hidráulicas. Estas incluyen pérdidas por fricción a lo largo de la trayectoria del líquido desde la brida de succión hasta la de descarga; pérdidas debidas a cambio brusco, tanto en área como en dirección de flujo; y todas las pérdidas debidas a remolinos, cualquiera que sea su causa. (Marchegiani, 2004)

El rendimiento hidráulico se define como la razón de la altura dinámica total disponible a la altura de entrada, es decir la razón entre la altura neta y la altura útil:

$$\eta_h \% = \frac{H_n}{H_u} = \frac{H_u - \text{pérdidas hidráulicas}}{H_u} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Además, existen las pérdidas de capacidad, debido a las fugas que existen en los espacios entre partes rotatorias y estacionarias de las bombas.

El caudal en la descarga de la bomba es menor que en la succión y también, es menor que el caudal que pasa por el impulsor. El cociente de los dos caudales se llama rendimiento volumétrico:

$$\eta_v \% = \frac{Q}{Q_i} = \frac{Q}{Q + Q_L} * 100 \quad (\text{Ec. 3})$$

Dónde: QL es la suma de las fugas (m³ /s)

Q: Caudal de descarga (m³ /s)

Las pérdidas mecánicas incluyen pérdidas de potencia en cojinetes y sellos y la fricción en el disco. La última pérdida es de tipo hidráulico, pero se agrupa con las pérdidas mecánicas puesto que se produce fuera del flujo a través de la bomba y no ocasiona una pérdida de carga. El rendimiento mecánico es el cociente de la potencia realmente absorbida por el impulsor y convertida en carga, y la potencia aplicada al eje de la bomba:

$$\eta_m(\%) = \frac{\text{Potencia freno} - \text{Perdidas mecánicas}}{\text{Potencia freno}} \quad (\text{Ec. 4})$$

Dónde: Potencia de freno (Kw)

Perdidas mecánicas (Kw)

Luego el rendimiento total de la bomba estará dado por:

$$\eta_{TOTAL} = \eta_v * \eta_h * \eta_m \quad (\text{Ec. 5})$$

2.2.6 Potencia de una bomba

Hay tres tipos de potencia: Potencia de accionamiento, potencia interna y potencia útil.

(Duque, 1993)

Potencia de accionamiento, Pa

Se le conoce también como potencia absorbida o potencia al freno y se define como la potencia necesaria para mover la bomba. En el conjunto bomba-motor, P_a es la potencia libre en el eje y no la potencia absorbida de la red de energía, o sea la potencia absorbida de la red multiplicada por la eficiencia del motor eléctrico.

$$P_a = P_{red} * n(\text{motor}) \quad (\text{Ec. 6})$$

Dónde: P_a : Potencia de accionamiento (Kw)

P_{red} : Potencia absorbida por la red (Kw)

n motor: Eficiencia del motor eléctrico (%)

Además, la potencia de accionamiento está dada por:

$$P_a = M * w = \frac{2\pi * n}{60} * M$$

Dónde: P_a : Potencia de accionamiento (Kw)

n : Numero de revoluciones por minuto (rpm)

w : Velocidad angular del impulsor o del rodete en (rad/s)

M : Momento de par de reacción del motor (N/m)

2.2.7 Potencia interna, P_i

Es la potencia inducida al impulsor, es decir, la potencia transmitida al fluido se expresa como la potencia de accionamiento menos las pérdidas mecánicas:

$$P_i = P_a - P_m \quad (\text{Ec. 7})$$

P_i : Potencia interna (Kw)

P_m : Pérdidas mecánicas (Kw)

2.2.8 Potencia útil, P_u

Esta potencia define el incremento neto de potencia que experimenta el fluido de una bomba. Es la potencia de accionamiento menos todas las pérdidas de la bomba, menos las pérdidas internas.

$$P_u = P_a - P_m - P_u - P_v$$

$$P_u = P_i - P_u - P_v$$

$$P_u = Q * H * \delta \quad (\text{Ec. 8})$$

P_u también está dada por la fórmula

Donde Q es el caudal en m^3/s

H altura total desarrollada por la bomba en m y es la densidad del agua multiplicada por la gravedad (peso específico).

2.2.9 Eficiencia en las bombas

El término eficiencia se refiere a que tan bien es aprovechada la energía mientras es transformada de una forma a otra, todo cambio de la forma de la energía tiene inmersa unas pérdidas durante en el proceso de cambio, en los sistemas de bombeos que utilizan bombas centrífugas, se dan dos transformaciones de la energéticas, en primer lugar el motor eléctrico que acciona la bomba transforma la energía eléctrica en energía mecánica rotacional, y luego la bomba transforma esta última forma de energía en energía hidráulica. Los dos mecanismos transformadores de energía en un sistema de bombeo son el motor eléctrico y la bomba y ambos tienen asociadas unas pérdidas, que en conjunto son denominada eficiencia electromecánica. La eficiencia está dada por:

$$\eta = P_u/P_a \quad (\text{Ec. 9})$$

Determinación de la eficiencia energética de bombas en campo

- a) Nivel de referencia (DATUM): corresponde a una línea de referencia imaginaria referenciada con nivel cero, a partir de la cual se toman todas las mediciones, siendo positivas las que están por encima de esta línea de referencia y negativas las que están por debajo (ANSI, 2011).
- b) Q: flujo volumétrico en unidades de volumen por unidades de tiempo M³/s
- c) H: energía potencial del fluido en metros con respecto a la línea de referencia
- d) h_{gd} Presión manométrica: energía de presión del líquido en la descarga de la bomba determinada por un manómetro o cualquier elemento de medición de presión.
- e) H_{gs} = Presión manométrica energía de presión del líquido en la succión de la bomba determinada por un manómetro o cualquier elemento de medición de presión.

f) Z_d = Elevación: Energía potencial del líquido dada por la elevación relativa desde la línea de referencia al centro del manómetro de descarga de la bomba.

g) Z_s = Elevación: Energía potencial del líquido dada por la elevación relativa desde la línea de referencia al centro del manómetro de succión de la bomba.

h) Z_w = Elevación: Sumergencia de la línea de referencia respecto a la superficie del líquido.

$$h_{vs} = \frac{v_s^2}{2g} \quad (\text{Ec. 10})$$

Dónde

h_{vs} = Cabeza de velocidad: energía cinética del fluido en la succión de la bomba dada por la fórmula. (m)

V_s = velocidad en la succión de la bomba (km/s o m/s)

g = constante gravitacional (m/s²)

$$h_{vd} = \frac{v_d^2}{2g} \quad (\text{Ec. 11})$$

Dónde:

h_{vd} : Cabeza de velocidad: energía cinética del fluido en la descarga de la bomba. (m)

V_d = velocidad en la descarga de la bomba (km/s o m/s)

g = constante gravitacional

$$h_s = h_{gs} + h_{vs} + z_s \quad (\text{Ec. 12})$$

Dónde: h_s : Cabeza total de succión (m)

$$h_d = h_{gd} + h_{vd} + z_d \quad (\text{Ec. 13})$$

hd: Cabeza total descarga (m)

hgd: Suma algebraica de la presión manométrica de descarga (m)

hvd: cabeza de velocidad de descarga (m) zd: Cabeza de elevación (m)

zd: Cabeza de elevación (m)

$$H = h_d - h_s$$

$$H = (h_{gd} + h_{vd} + z_d) - (h_{gs} + h_{vs} + z_s) \quad \text{(Ec. 14)}$$

Para bombas sumergibles queda:

$$H = h_{gd} + (h_{vd} + z_d - z_w) \quad \text{(Ec. 15)}$$

2.2.10 Cavitación

La función principal de una bomba centrífuga es generar la presión suficiente de descarga para luego poder superar la resistencia hidráulica que presenta el sistema. Pero antes que todo, el líquido debe ser capaz para llegar a la bomba con una cierta energía a la zona de succión, si esta energía es demasiado baja se produce un fenómeno común a las bombas centrífugas llamado cavitación, que suele ser el principal problema en el bombeo de fluidos. La cavitación es “la formación de burbujas de vapor o de gas en el seno de un líquido, causada por las variaciones que este experimenta en su presión”. Dicho de otras palabras, podemos decir que la cavitación en bombas es el fenómeno que ocurre cuando un líquido que fluye alcanza su presión de vapor de tal forma que parte de las moléculas que lo componen cambian inmediatamente a estado de vapor, formándose burbujas. Las burbujas formadas viajan a zonas de mayor presión e implosionan produciendo un arranque de metal de la superficie de la bomba. De esta forma este proceso producirá efectos indeseados en las bombas centrífugas como daños en rodets,

vibraciones en el equipo, pérdidas de rendimiento ya que la bomba no cumplirá con su servicio básico de bombear un cierto caudal de líquido con cierta energía, entre otras. (Castillo, 2013).

Los problemas mecánicos que conlleva la cavitación en las bombas son enormes ya que además de la erosión aparecen fuertes vibraciones, averías mecánicas, ruido, falta de datos de servicio, etc. Efectivamente, el comportamiento hidráulico de la bomba se ve muy afectado. Cuando se produce la cavitación, es porque la presión ha igualado a la tensión de vapor del líquido, y si se intenta aumentar el caudal abriendo la válvula de impulsión lo que se consigue es generar más vapor, ya que durante el cambio de estado la presión permanecerá constante. (Oficina de ingeniería BOMBAS IDEAL, S.A, 2002).

2.2.11 Best Efficient Point

El Best Efficient Point o BEP es el punto en el que una bomba es menos propensa a fallar y su esperanza de vida es mayor. En otras palabras, también es mejor punto de funcionamiento de una bomba (BOP), por esto, las bombas deben funcionar tan cerca como sea posible de BEP.

(Joe Evans)

2.2.12 Costos operacionales

El índice de consumo es la cantidad de energía gastada por unidad producida, que para el caso de un bombeo está dada por la cantidad de energía gastada para bombear un m³ de agua.

Sabemos por la ecuación ocho que la potencia útil está dada por:

$$P_u = Q\delta H$$

Y la potencia absorbida está dada por:

$$P_{absorvida} = \frac{Q\delta H}{\eta_{total}} \quad (Ec. 16)$$

El índice de consumo viene dado por:

$$Indice\ de\ consumo\ \frac{kw}{m^3} = \frac{P_{absorvida}}{Q} \quad (Ec. 17)$$

Reemplazando ecuación dieciséis entre diecisiete y dividiendo el caudal entre 3600 para que exista compatibilidad, tenemos:

$$\frac{Kw}{m^3} = \frac{9,81 * H}{3600 * \eta} \quad (Ec. 18)$$

- Peso específico del agua: 9,81
- hd= (régimen de operación actual proporcionado por Aguas Kpital Cúcuta)
- η = Eficiencia Posteriormente se halló el volumen de agua consumida anualmente

$$Volumen\ anual\ m^3 = Q * 24horas * 365días \quad (Ec. 19)$$

-Q: Caudal (m³/h)

Para calcular la potencia anual consumida en Kw

$$Kw = \frac{Kw}{m^3} * Volumen\ anual\ (m^3) \quad (Ec. 20)$$

Finalmente se halló los costos:

$$COSTOS\ \$ = Potencia\ anual\ consumida\ Kw * Tarifa\ (\$) \quad (Ec. 21)$$

2.2.13 Deterioro en el rendimiento de las bombas

A lo largo de su ciclo de vida útil el rendimiento de cualquier equipo de bombeo se deteriora debido principalmente a desgastes mecánicos y fenómenos de oxidación o incrustaciones. Según el “SAVE report” elaborado por la Comisión Europea los rendimientos suelen disminuir entre un 10 y un 15% en comparación con sus valores originales. Se han dado casos en donde el rendimiento ha perdido hasta un 20% en los dos primeros años de operación. (INEXA, Ingeniería y Exportación de Tecnología S.L, 2009).

Causas que afectan el deterioro de una bomba y las pérdidas en rendimiento

- **Selección errónea de la bomba:** la bomba no fue elegida para su punto óptimo de rendimiento, ni con los materiales adecuados al fluido que maneja.
- **Deficiencias en el montaje de la bomba:** que afectan principalmente al alineamiento del eje. Colector de aspiración mal dimensionado: No se deben crear vórtices en el flujo en la tubería de aspiración de la bomba. Diámetros de tubería inadecuadas pueden provocar el fenómeno de cavitación.
- **Purga de aire deficiente:** Tan solo un 2% de aire en el fluido que se bombea puede afectar dramáticamente la operación de una bomba.
- **Funcionamiento en seco:** Puede producir sobrecalentamientos y roturas.
- **Funcionamiento alejado del Punto Óptimo de Rendimiento:** En el POR el fluido se presuriza lo más eficientemente posible. Cuando el punto de trabajo se aleja del POR, se producen fenómenos de recirculación interna en la bomba que causan desequilibrios en los empujes que soporta. Este fenómeno incrementa la velocidad con que se deterioran los sellos mecánicos, aros de desgaste y rodamientos provocados a su vez por desalineamientos del eje.

- Grasa de rodamientos contaminada: Ocasiona un desgaste más rápido de los rodamientos.

2.2.14 Gestión

La gestión es dirigir, controlar y administrar una empresa u organización similar.

2.2.14.1 Sistema de gestión energética. La gestión energética es un mecanismo que permite administrar la energía en procesos con el fin de que tengan mayor eficiencia energética y sean amigables con el medio ambiente.

Con la implementación de este sistema se busca establecer una política, objetivos energéticos, y los procesos y procedimientos necesarios para alcanzar dichos objetivos.

La implementación del Sistema de Gestión de la Energía puede ser basado en un sistema estandarizado como la ISO 50001, el cual garantiza sostenibilidad y mejora continua.

El sistema de gestión de la energía es una relación entre el desempeño energético IDEs, LB y metas energéticas.

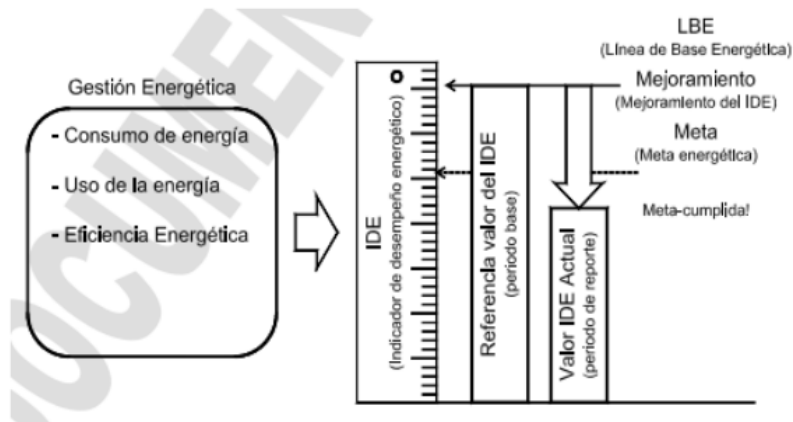


Figura 18. Sistema de gestión de la energía

Fuente: UNvirtual sede Medellín obtenido de <https://bit.ly/3ICiKSa>

2.2.14.1.1 Objetivos estratégicos de un sistema de gestión de la energía

- Realizar el cambio de la situación actual.
- Asegurar la continuidad del negocio y preservar el valor de la empresa.
- Lograr que el componente “consumo de energía” sea un factor importante para la optimización del costo unitario de producción.
- Mantener motivados a los empleados en todos los niveles de la organización para promover y/o participar en acciones que conlleven a la reducción del consumo total de energía en la empresa.
- Lograr sostenibilidad en la reducción y control de los costos energéticos.

2.2.14.1.2 Beneficios de la gestión energética

- Disminuye la demanda de energía.
- Aumenta la seguridad energética (suministro).
- Aumenta la competitividad empresarial.
- Disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reduce el uso intensivo de recursos naturales.

SIN DETRIMENTO DE LA PRODUCCIÓN

2.2.14.1.3 La importancia de la gestión energética

- Propende por la productividad y competitividad.
- Reduce costos de operación y mantenimiento, es rentable y autofinanciable.
- Genera una estructura administrativa al interior del centro productivo capaz de gerenciar los recursos energéticos.

- Integra áreas importantes (operación, proyectos, compras, producción, mantenimiento) alrededor de un objetivo común.
- Eleva el nivel de seguridad operacional y mantiene actualizada la tecnología.
- Mitiga efectos ambientales negativos y ayuda al cumplimiento de la ISO 14.000.
- Genera cultura operacional y de mantenimiento orientada a la eficiencia energética.
- Permite acceso a beneficios financieros y tributarios

2.2.14.1.4 Retos de gestión energética

- Mantener la confiabilidad y eficiencia energética.
- Introducir la eficiencia energética en la gestión de la producción.
- Introducir los indicadores de eficiencia energética en el tablero de mando de la empresa.
- Introducir la eficiencia energética en la gestión de proyectos, compra y modernización de equipos y tecnologías.
- Introducir la eficiencia energética en las competencias del personal operativo, de supervisión, de mantenimiento y mandos medios

2.2.15 Eficiencia energética

La eficiencia energética es el conjunto de actividades que permiten disminuir el consumo energético de un proceso, manteniendo el mismo nivel de producción del producto o del servicio.

Eficiencia

$$Eficiencia = \frac{Energía\ aprovechada}{Energía\ suministrada}$$

$$Eficiencia = 1 - \frac{Pérdidas}{Energía\ suministrada}$$

2.2.16 Indicadores de desempeño energético

La organización debe identificar los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. La metodología para determinar y actualizar los IDEns debe documentarse y revisarse regularmente. Los IDEns deben revisarse y compararse con la línea de base energética de forma apropiada.

2.2.16.1 Indicador de desempeño energético base 100. El indicador de desempeño energético base 100 es una herramienta de gestión energética que permite realizar una comparación del comportamiento del consumo de energía de un proceso productivo en un periodo determinado respecto al consumo energético calculado a partir de la línea base, tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100; adicionalmente, genera alertas en cuanto a variaciones positivas o negativas en la eficiencia del proceso.

$$Lb100 = \frac{E_{lb}}{E_{real}} * 100$$

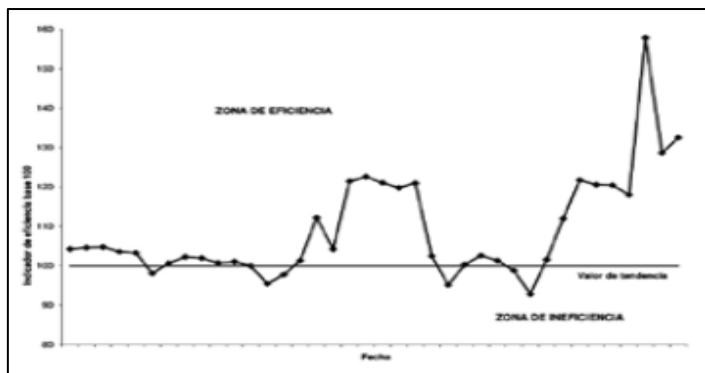


Figura 19. Indicador de desempeño energético base 100

Fuente: UNvirtual sede Medellín obtenido de <https://bit.ly/3ICiKSa>

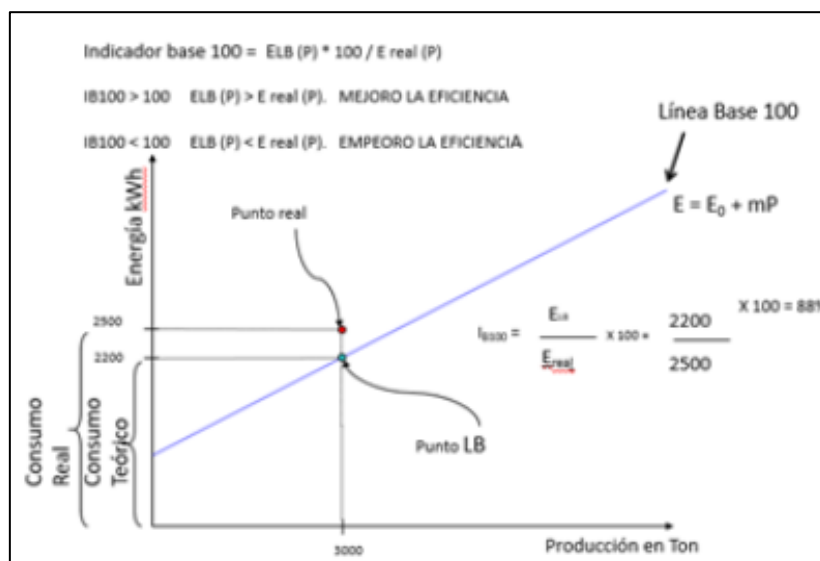


Figura 20. Casos del indicador de desempeño energético base 100

Fuente: UNvirtual sede Medellín obtenido de <https://bit.ly/3ICiKSa>

Se pueden presentar tres casos

- $I_{b100} > 100$, el consumo de energía fue menor al estimado en la línea base, por lo tanto, se ubica en la zona de eficiencia.

- $I_{b100} < 100$, el consumo de energía fue mayor al estimado en la línea base, por lo tanto, se ubica en la zona de ineficiencia.
- $I_{b100} = 100$, el consumo es estable y es igual al estimado en la línea base.

2.2.16.2 Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM). La técnica

CUSUM analiza los cambios en el acumulado en el consumo de energía durante varios periodos. Se basa en el cálculo de la varianza acumulada entre el consumo de energía actual y su consumo histórico.

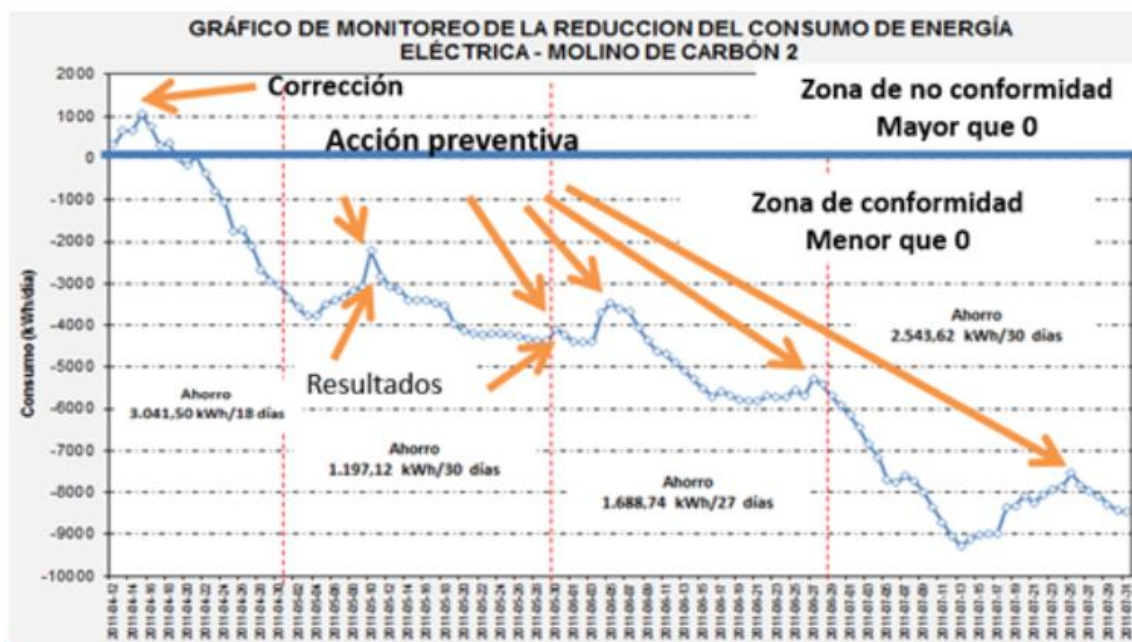


Figura 21. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM)

Fuente: UNvirtual sede Medellín obtenido de <https://bit.ly/3ICiKsA>

Se pueden presentar tres casos:

- Una línea horizontal significa que el comportamiento en el consumo no ha variado respecto al promedio.
- Una línea con pendiente descendente significa que la acción sobre el centro de costo de energía causa una mejoría de su estado energético.

➤ Una línea con pendiente ascendente significa un consumo que se aleja del objetivo demostrando un empeoramiento del estado energético del centro de costo energético

2.2.16.3 Indicador de desempeño energético del presupuesto de energía

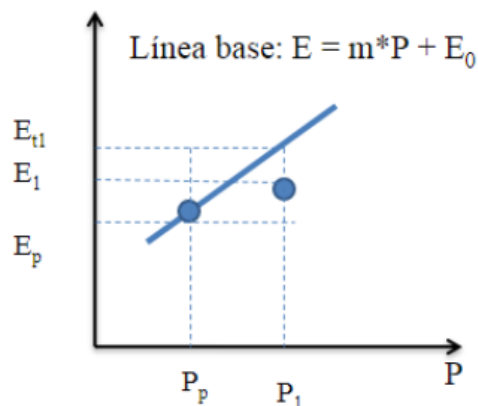


Figura 22. Indicador de desempeño energético del presupuesto de energía

Fuente: UNvirtual sede Medellín obtenido de <https://bit.ly/3ICiKSa>

Hacer seguimiento

¿Por costos mes a mes? NO

¿Por índice de consumo mes a mes? NO

¿Por consumo absoluto mes a mes? NO

¿Por comparación con su línea base? SI

$$E_1 - E_p = (E_{t1} - E_p) - (E_{t1} - E_1)$$

$$E_1 - E_p = (m \cdot P_1 + E_0 - m \cdot P_p - E_0) + (E_1 - E_{t1})$$

$$E_1 - E_p = m \cdot (P_1 - P_p) + (E_1 - E_{t1})$$

$m \cdot (P_1 - P_p)$ – variación por producción

$(E1 - E_{t1})$ –variación por eficiencia

Por costos $E1 > E_p$. ¿Ineficiente?

¿Por consumo $E1 > E_p$ Ineficiente?

Debido al incremento de la producción debería haberse

consumido: $m \cdot (P1 - P_p)$

Se consumió realmente: $m \cdot (P1 - P_p) - (E_{t1} - E1)$

¿Debido a que $E1 < E_{t1}$ se fue más EFICIENTE!

Se consumió menos en $(E_{t1} - E1)$

IMPORTANTE

Deben realizarse ajustes en la(s) línea(s) de base cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

- los IDEns ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización
- Se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía
- Así lo establece un método predeterminado. La(s) línea(s) de base energética debe mantenerse y registrarse.

2.2.17 Línea meta

Metas de ahorro energético

¿Como se fijan las metas actualmente?

Aspiracionales

- Se ponen de arriba hacia abajo (corporativas)
- Pueden ser arbitrarias

- Pueden no ser alcanzables o ser muy fáciles de alcanzar
- Pueden deprimir al personal. Basadas en planes de acción
- Sobre la base de los cambios planificados
- Son revisadas continuamente
- No consideran cambios operacionales

¿Como se deberían fijan las metas?

- Basadas en el mejor comportamiento previo
- Toman como referencia la línea base.
- Considera cambios operacionales y cambios tecnológicos planificados.
- Discutidas de abajo a arriba.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Aforo

Medición del caudal o gasto. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.2 Agua potable

Líquido incoloro, insípido e inodoro que se puede encontrar en estado natural o ser producido a través de un proceso de purificación. Sirve para el consumo humano y animal. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.3 Bomba

Máquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión, transferida al agua. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.4 Cárcamo

Es la estructura hidráulica complementaria del sistema hidráulico que sirve como almacenamiento provisional para bombear algún líquido de un nivel inferior a uno superior. Se emplea para el agua potable, agua tratada, drenaje sanitario y drenaje pluvial. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.5 Corriente eléctrica

Es la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor con resistencia R y cuya tensión eléctrica es V . (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.6 Factor de potencia

Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente, y describe la relación entre la potencia convertida en trabajo útil y real y la potencia total consumida. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.7 Fuente de abastecimiento

Sitio del cual se toma el agua para suministro en el sistema de distribución. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.8 Fuga

Escape físico de agua en una red de tuberías de agua potable. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.9 Gasto.

Volumen de agua medido en una unidad de tiempo; se expresa generalmente en litros por segundo. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.10 Nivel a centros de manómetro

Es la distancia vertical entre el nivel de referencia y la posición del manómetro usado para medir las cargas de presión tanto en la succión como en la descarga. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.11 Nivel de referencia

Es el nivel seleccionado como referencia para todas las mediciones hidráulicas, normalmente el plano inferior de la placa base de montaje del equipo de bombeo. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.12 Nivel de succión

Es la distancia vertical desde el nivel de referencia hasta la superficie del agua cuando se encuentra en operación el equipo de bombeo. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.13 Potencia activa

Es la potencia consumida por un motor eléctrico que se convierte en trabajo útil. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.14 Potencia eléctrica

Es la potencia de entrada en watts (o vatios) que requiere el motor eléctrico acoplado a la bomba y en operación normal. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.15 Potencia aparente y reactiva

En un triángulo rectángulo se asocia la potencia aparente a la hipotenusa, a un cateto se le asocia la potencia activa, y al otro se le asocia la potencia reactiva. Al coseno del ángulo existente entre la hipotenusa y el cateto adyacente, asociado a la potencia aparente y potencia activa, respectivamente, se le denomina Coseno Φ ($\cos \theta$). (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.16 Gestión energética

La gestión energética es un mecanismo que permite administrar la energía en procesos con el fin de que tengan mayor eficiencia energética y sean amigables con el medio ambiente. ((Manual de eficiencia energética, 2011).

2.3.17 Eficiencia energética

La eficiencia energética es el conjunto de actividades que permiten disminuir el consumo energético de un proceso, manteniendo el mismo nivel de producción del producto o del servicio. (Manual de eficiencia energética, 2011).

2.4 Marco contextual

Es importante considerar que el estudio energético de las estaciones de bombeo en el sistema de acueducto de LAS LOMAS y ATALAYA le permitirá a la empresa aguas Kpital Cúcuta prestar un servicio de calidad a toda la comunidad. Dicho estudio tiene como finalidad brindar una información a la empresa de que tan eficientes están siendo los datos que se toman a diario y que tan representativos son a la hora de hablar de ahorro, sumado a eso que tan provechoso es el funcionamiento para suplir las necesidades de la población que se beneficia de dicha estación y además corregir cualquier tipo de proceso que se esté llevando mal, que le ocasionen gastos innecesarios a la empresa o cualquier tipo de sobre costo.

2.5 Marco legal

La principal norma que rige la calidad del agua en Colombia es EL DECRETO 1575 Y RESOLUCIÓN 2115 DEL AÑO 2007, por medio del cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.

Esta normatividad busca que los municipios, la Autoridad Ambiental, las personas prestadoras del servicio público, los usuarios, las Entidades Territoriales de Salud y sectores productivos, se articulen para que realicen acciones que contribuyan con el manejo integral de los residuos sólidos y líquidos que pueden ser vertidos a las fuentes hídricas naturales que abastecen los sistemas de suministro de agua para consumo humano, y de esta forma minimizar los riesgos a la salud.

Aquí radica la importancia de la utilización de plantas de tratamiento de agua como instrumento clave para garantizar el acceso al agua potable a la mayor parte posible de la población, por supuesto, entre muchas otras estrategias necesarias.

NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana 1500)

Esta norma de plomería establece la normativa y requisitos mínimos para el correcto funcionamiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable en Colombia y sirve para identificar, orientar, estudiar el correcto diseño de una red hidrosanitaria y las normativas que se deben tener en cuenta al momento de manipular cada elemento, accesorio, aparato y equipo que hacen parte de la red.

Adicionalmente la NTC 1500 da instructivos claros sobre los ensayos y pruebas que se deben realizar durante la operación y entrega del proyecto para garantizar la calidad de la instalación.

Aspectos importantes de la normativa NTC 1500

Estos son algunos aspectos que debe tener en cuenta y no dejar pasar por alto de la NTC 1500 durante la ejecución de sus proyectos de diseño y construcción:

1. Todo predio debe construir una caja de inspección de aguas residuales en el andén con medidas mínimas de 0.80 m por 0.80 m libres internos.
2. Los sistemas de desagüe sanitario se deben completar con una tubería de ventilación y Re-ventilación con salida exterior de la cubierta de los construido.
3. Las redes de aguas lluvias, desagüe sanitario e industriales deben ser de forma independientes.
4. Las zonas húmedas de una vivienda residencial, comercial o industrial deberán contar con un sifón de piso que contenga sello hidráulico.

5. No se debe disponer en las redes públicas de grasas, arenas, aceites o lodos. El deber ser es construir sistemas que retengan estos elementos y disponer de ellos según la normativa ambiental que se encuentre en vigencia.
6. Se debe construir un desarenador antes de enviar aguas las vías, esto teniendo en cuenta que la red de aguas lluvias arrastra sólidos.
7. Los tanques elevados, intermedios y bajos en plástico o concreto deberán recibir mantenimiento en su sistema de almacenamiento de agua.
8. Se debe garantizar un buen caudal de ingreso y evacuación al momento de dimensionar, diseñar y calcular las redes hidráulicas, sanitarias y de lluvias.
9. Instalar tanques elevados de reserva funcionales, una tubería para llenado y otra para la distribución no menor a 1. Adicional deberá asegurar que cuenta con un rebose, sistema de lavado de fácil mantenimiento.
10. Los puntos hidráulicos deben poseer una tubería de 0.30 m de forma vertical que garantice una cámara de aire y sirvan de protección a las tuberías de agua fría y caliente para que no se rompan.

3. Diseño metodológico

3.1 Tipo de investigación

La investigación del trabajo de grado fue de tipo descriptiva y experimental. Según Tamayo y Tamayo (2006) el tipo de investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición o procesos de los fenómenos; El enfoque se hace sobre conclusiones dominantes o sobre una persona, grupo, cosa, funciona en el presente; la investigación descriptiva trabaja sobre realidades de hecho caracterizándose fundamentalmente por presentarnos una investigación correcta. Según Fidias G. Arias (2012), define: La investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

Partiendo de estos dos tipos de investigación se llevará a cabo el estudio de eficiencia de las estaciones de bombeo LAS LOMAS y ATALAYA en el sistema de acueducto de aguas kpital Cúcuta.

3.2 Fuentes de información

3.2.1 Fuentes primarias

Manual de eficiencia energética, 2011, portal UN virtual de Medellín, curso Gestión y uso eficiente de la energía, documentos y archivos suministrados por la empresa aguas Kpital Cúcuta.

3.2.2 Fuentes secundarias

Páginas web, artículos científicos, proyectos de grado, bases de datos

3.2.3 Desarrollo Metodológico

1. Investigación previa.
2. Visita y recolección de datos.
3. Realizar los debidos cálculos con la información recogida.
4. Análisis de datos y de información suministrada por la empresa aguas Kpital Cúcuta.
5. Operación de las estaciones de bombeo LAS LOMAS y ATALAYA
6. Exposición de las respectivas recomendaciones y conclusiones.
7. Redacción del proyecto
8. Entrega final del proyecto

4. Análisis y resultados generales

Se realizó el respectivo análisis de la información recopilada por la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA sobre su sistema de bombeo de las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA, datos los cuales fueron tomados por los operarios de la empresa día a día durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre. Con esta información recopilada se aplicó un estudio estadístico para ambas estaciones de bombeo, con el cual se busca encontrar la respectiva eficiencia del sistema.

4.1 Estación de bombeo LAS LOMAS

1. Al comenzar se definen los parámetros a estudiar los cuales son el consumo de energía activa y el volumen de bombeo de la estación de bombeo LAS LOMAS, los cuales fueron tomados diariamente durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2022, como aparece en la **Tabla 22** Resultados estación LAS LOMAS.
2. Se halla la línea base de índice de consumo y esta sale de la ecuación de la línea de tendencia de consumo activo Vs Volumen bombeado, con esto se saca la gráfica de la **Figura 23**. Línea base corrección de datos atípicos LAS LOMAS.

$$E = mP + E_0, \text{ Ecuación de línea base de consumo de energía}$$

Esta gráfica arroja la ecuación anterior, donde se sacan los datos del m y del E_0 , datos los cuales se reemplazan y se van encontrando los datos que van creando la línea base

3. Después de hallar la línea base, se halla el dato de $s(xy)$ el cual se determina por medio de regresión lineal (**Análisis de regresión LAS LOMAS**)
4. **Tabla 23** Análisis de regresión LAS LOMAS).
5. Con el dato de $s(xy)$, se reemplaza en la fórmula de desviación estándar positiva y en la fórmula negativa para buscar los datos que no salen de ese rango. Los datos que están

fuera de ese rango son los datos atípicos, es decir, aquellos datos erróneos, ya sea por error de lectura, instrumentos mal calibrados, entre otros. (**Tabla 22** Resultados estación LAS LOMAS).

lb+sxy *w

Tabla 22 Resultados estación LAS LOMAS

	Eo	78,342		s(xy)	75,04428057	
	m	0,4636		w1	1	
	Consumo Activa	Volumen Bombeado	Consumo linea base	consumo lb+sxy *1	consumo lb-sxy *1	confiabilidad
01/09/2022	6.003,00	12.589,00	5914,6024	5989,64668	5839,55812	atipico
02/09/2022	5.711,64	12.120,00	5697,174	5772,21828	5622,12972	v
03/09/2022	6.108,30	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
04/09/2022	5.318,28	11.160,00	5252,118	5327,16228	5177,07372	v
05/09/2022	5.558,52	11.790,00	5544,186	5619,23028	5469,14172	v
06/09/2022	5.551,92	11.700,00	5502,462	5577,50628	5427,41772	v
07/09/2022	4.780,00	10.090,00	4756,066	4831,11028	4681,02172	v
08/09/2022	4.952,64	10.485,00	4939,188	5014,23228	4864,14372	v
09/09/2022	5.141,40	10.800,00	5085,222	5160,26628	5010,17772	v
10/09/2022	5.810,00	12.550,00	5896,522	5971,56628	5821,47772	atipico
11/09/2022	6.008,64	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
12/09/2022	5.611,98	11.700,00	5502,462	5577,50628	5427,41772	atipico
13/09/2022	4.809,42	10.260,00	4834,878	4909,92228	4759,83372	v
14/09/2022	6.139,98	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
15/09/2022	5.974,32	12.780,00	6003,15	6078,19428	5928,10572	v
16/09/2022	4.580,00	9.800,00	4621,622	4696,66628	4546,57772	v
17/09/2022	5.630,00	11.960,00	5622,998	5698,04228	5547,95372	v
18/09/2022	5.900,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
19/09/2022	6.006,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
20/09/2022	5.315,64	11.385,00	5356,428	5431,47228	5281,38372	v
21/09/2022	5.350,62	11.340,00	5335,566	5410,61028	5260,52172	v
22/09/2022	4.558,62	9.720,00	4584,534	4659,57828	4509,48972	v
23/09/2022	4.812,06	10.125,00	4772,292	4847,33628	4697,24772	v
24/09/2022	5.042,40	10.740,00	5057,406	5132,45028	4982,36172	v
25/09/2022	6.120,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
26/09/2022	5.322,24	11.160,00	5252,118	5327,16228	5177,07372	v
27/09/2022	5.248,98	11.099,00	5223,8384	5298,88268	5148,79412	v
28/09/2022	2.728,44	5.528,00	2641,1228	2716,16708	2566,07852	atipico
29/09/2022	2.005,74	4.230,00	2039,37	2114,41428	1964,32572	v
30/09/2022	4.582,38	9.599,00	4528,4384	4603,48268	4453,39412	v
01/10/2022	6.009,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
02/10/2022	6.097,74	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
03/10/2022	6.106,32	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
04/10/2022	5.642,34	11.880,00	5585,91	5660,95428	5510,86572	v
05/10/2022	6.109,62	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
06/10/2022	3.392,40	7.110,00	3374,538	3449,58228	3299,49372	v
07/10/2022	3.380,00	7.050,00	3346,722	3421,76628	3271,67772	v
08/10/2022	5.054,28	10.620,00	5001,774	5076,81828	4926,72972	v
09/10/2022	4.922,94	10.440,00	4918,326	4993,37028	4843,28172	v
10/10/2022	6.149,88	12.780,00	6003,15	6078,19428	5928,10572	atipico
11/10/2022	5.208,06	11.025,00	5189,532	5264,57628	5114,48772	v
12/10/2022	3.380,00	7.050,00	3346,722	3421,76628	3271,67772	v
13/10/2022	5.054,28	10.620,00	5001,774	5076,81828	4926,72972	v
14/10/2022	4.922,94	10.440,00	4918,326	4993,37028	4843,28172	v
15/10/2022	6.149,88	12.780,00	6003,15	6078,19428	5928,10572	atipico
16/10/2022	5.208,06	11.025,00	5189,532	5264,57628	5114,48772	v
17/10/2022	6.155,16	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
18/10/2022	6.089,82	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
19/10/2022	5.180,00	11.200,00	5270,662	5345,70628	5195,61772	atipico
20/10/2022	5.410,02	11.429,90	5377,24364	5452,28792	5302,19936	v
21/10/2022	6.082,56	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
22/10/2022	3.013,56	6.345,00	3019,884	3094,92828	2944,83972	v
23/10/2022	6.007,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
24/10/2022	3.981,12	8.415,00	3979,536	4054,58028	3904,49172	v
25/10/2022	6.089,82	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
26/10/2022	5.180,00	11.200,00	5270,662	5345,70628	5195,61772	atipico
27/10/2022	5.410,02	11.429,90	5377,24364	5452,28792	5302,19936	v
28/10/2022	6.082,56	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	v
29/10/2022	3.013,56	6.345,00	3019,884	3094,92828	2944,83972	v
30/10/2022	6.007,00	12.960,00	6086,598	6161,64228	6011,55372	atipico
31/10/2022	3.981,12	8.415,00	3979,536	4054,58028	3904,49172	v

Continuación Tabla 22 Resultados estación LAS LOMAS.

01/11/2022	4,983.00	10,380.00	4890.51	4965.55428	4815.46572	atipico
02/11/2022	6,129.42	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	v
03/11/2022	4,405.50	9,360.00	4417.638	4492.68228	4342.59372	v
04/11/2022	6,007.00	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	atipico
05/11/2022	3,981.12	8,415.00	3979.536	4054.58028	3904.49172	v
06/11/2022	6,089.82	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	v
07/11/2022	6,087.18	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	v
08/11/2022	4,531.56	9,540.00	4501.086	4576.13028	4426.04172	v
09/11/2022	1,980.00	3,880.00	1877.11	1952.15428	1802.06572	atipico
10/11/2022	4,329.60	9,240.00	4362.006	4437.05028	4286.96172	v
11/11/2022	6,069.36	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	v
12/11/2022	2,530.00	5,500.00	2628.142	2703.18628	2553.09772	atipico
13/11/2022	5,625.18	11,940.00	5613.726	5688.77028	5538.68172	v
14/11/2022	5,827.80	12,420.00	5836.254	5911.29828	5761.20972	v
15/11/2022	4,670.00	10,200.00	4807.062	4882.10628	4732.01772	atipico
16/11/2022	5,884.56	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	atipico
17/11/2022	5,741.34	12,120.00	5697.174	5772.21828	5622.12972	v
18/11/2022	5,630.00	11,960.00	5622.998	5698.04228	5547.95372	v
19/11/2022	5,900.00	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	atipico
20/11/2022	6,006.00	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	atipico
21/11/2022	5,315.64	11,385.00	5356.428	5431.47228	5281.38372	v
22/11/2022	5,350.62	11,340.00	5335.566	5410.61028	5260.52172	v
23/11/2022	4,558.62	9,720.00	4584.534	4659.57828	4509.48972	v
24/11/2022	4,812.06	10,125.00	4772.292	4847.33628	4697.24772	v
25/11/2022	5,042.40	10,740.00	5057.406	5132.45028	4982.36172	v
26/11/2022	6,120.00	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	v
27/11/2022	5,322.24	11,160.00	5252.118	5327.16228	5177.07372	v
28/11/2022	5,248.98	11,099.00	5223.8384	5298.88268	5148.79412	v
29/11/2022	2,728.44	5,528.00	2641.1228	2716.16708	2566.07852	atipico
30/11/2022	2,005.74	4,230.00	2039.37	2114.41428	1964.32572	v
01/12/2022	2,240.27	4,780.00	2294.35	2369.39428	2219.30572	v
02/12/2022	2,850.00	5,980.00	2850.67	2925.71428	2775.62572	v
03/12/2022	5,390.00	11,258.00	5297.5508	5372.59508	5222.50652	atipico
04/12/2022	2,570.00	5,400.00	2581.782	2656.82628	2506.73772	v
05/12/2022	2,500.00	5,500.00	2628.142	2703.18628	2553.09772	atipico
06/12/2022	1,620.00	3,560.00	1728.758	1803.80228	1653.71372	atipico
07/12/2022	4,697.88	10,260.00	4834.878	4909.92228	4759.83372	atipico
08/12/2022	5,200.00	11,200.00	5270.662	5345.70628	5195.61772	v
09/12/2022	5,500.00	12,000.00	5641.542	5716.58628	5566.49772	atipico
10/12/2022	6,006.00	12,800.00	6012.422	6087.46628	5937.37772	v
11/12/2022	4,960.00	10,460.79	4927.96378	5003.00806	4852.9195	v
12/12/2022	6,172.32	12,960.00	6086.598	6161.64228	6011.55372	atipico
13/12/2022	6,209.38	12,980.00	6095.87	6170.91428	6020.82572	atipico
14/12/2022	5,402.10	11,313.00	5323.0488	5398.09308	5248.00452	atipico
15/12/2022	4,258.98	9,150.00	4320.282	4395.32628	4245.23772	v
16/12/2022	5,621.88	11,820.00	5558.094	5633.13828	5483.04972	v
17/12/2022	5,500.00	11,790.79	5544.55178	5619.59606	5469.5075	v
18/12/2022	5,355.24	11,880.00	5585.91	5660.95428	5510.86572	atipico
19/12/2022	4,132.26	8,640.00	4083.846	4158.89028	4008.80172	v
20/12/2022	5,287.60	11,070.00	5210.394	5285.43828	5135.34972	atipico
21/12/2022	5,356.56	11,475.00	5398.152	5473.19628	5323.10772	v
22/12/2022	4,789.62	10,080.00	4751.43	4826.47428	4676.38572	v
23/12/2022	5,006.00	10,560.00	4973.958	5049.00228	4898.91372	v
24/12/2022	4,807.44	9,885.00	4661.028	4736.07228	4585.98372	atipico
25/12/2022	3,132.22	6,454.00	3070.4164	3145.46068	2995.37212	v
26/12/2022	5,327.52	11,115.00	5231.256	5306.30028	5156.21172	atipico
27/12/2022	5,067.50	11,280.00	5307.75	5382.79428	5232.70572	atipico
28/12/2022	5,206.74	10,890.00	5126.946	5201.99028	5051.90172	atipico
29/12/2022	5,553.24	11,610.00	5460.738	5535.78228	5385.69372	atipico
30/12/2022	5,115.66	10,740.00	5057.406	5132.45028	4982.36172	v
31/12/2022	2,240.27	4,780.00	2294.35	2369.39428	2219.30572	v

Fuente: Recolección de información para búsqueda de resultados.

4.1.1 Análisis de regresión LAS LOMAS

Tabla 23 Análisis de regresión LAS LOMAS

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coeficiente t	0,99786816
Coeficiente r	0,99574086
R^2 ajustado	0,99570537
Error típico	75,0442806
Observación	122

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F
Regresión	1	157994116	157994116	28054,7056	4,185E-144
Residuos	120	675797,286	5631,64405		
Total	121	158669913			

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	78,342347	30,1182875	2,60115542	0,01045957	18,7102337	137,97446	18,7102337	137,97446
Variable X 1	0,46363708	0,00276806	167,49539	4,185E-144	0,45815652	0,46911765	0,45815652	0,46911765

Fuente: Realizada por el autor del proyecto

Gráfica

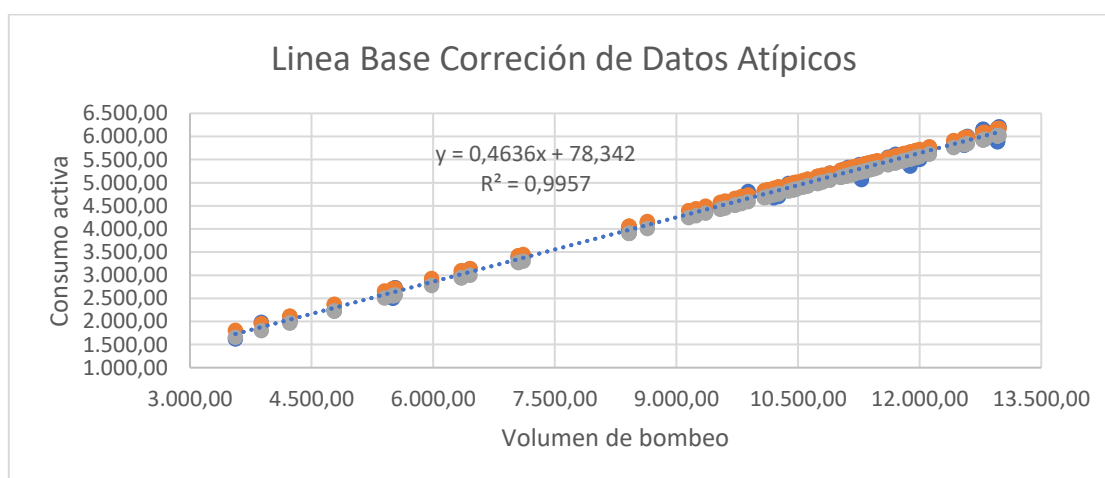


Figura 23. Línea base corrección de datos atípicos LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

4.1.2 Segunda tabla LAS LOMAS

1. Se toman solos los datos que dan “V”, ya que estos son los datos correctos y se halla una nueva línea base siguiendo todos los pasos mencionados anteriormente. (**Tabla 24** Estación LAS LOMAS datos eficientes).
2. Tal como se ve en la **Tabla 24** Estación LAS LOMAS datos eficientes, se busca la línea meta la cual tiene como finalidad definir el potencial de ahorro y esta sale de buscar los datos que están por debajo de la línea base, entonces se realiza la diferencia entre consumo activo menos consumo línea base. Los datos de consumo activo que son menores que los datos de la línea base son aquellos que entran a formar parte de la línea meta, estos se denominaran datos “V”.
3. Al momento de tener todos los datos de consumo activo que dieron “V”, se colocan aparte tal cual se observa en la **Tabla 24** Estación LAS LOMAS datos eficientes y se halla una nueva grafica la cual es la que se puede observar en la **Figura 24**. Consumo línea base-Línea meta LAS LOMAS, con los parámetros de consumo activo Vs volumen bombeado, dicha grafica arroja una nueva ecuación lineal con la cual se extrae el dato de la pendiente y el dato del E_o (la cual es la energía no asociada a la producción).
4. Se reemplazan todos los datos de consumo activo (en la ecuación está denominado por la letra P), el dato de pendiente (m) y el E_o en la ecuación de la línea meta la cual es $E = mP + E_o$, igual a la ecuación de la línea base.
5. Finalmente, en la **Tabla 25** Línea meta estación LAS LOMAS se obtienen todos los valores de la línea meta, los cuales representan cuanto se va a disminuir en cada consumo activo.
6. Se busca el potencial de ahorro de acuerdo con la línea base la cual es la tendencia de consumo de energía activa y a esta se le resta la línea meta la cual representa el consumo

de energía activa que el sistema debería manejar para ese mismo consumo o producción de bombeo de agua.

7. Se halla el Ib100, el cual es un indicador de desempeño energético base 100 es una herramienta de gestión energética que permite realizar una comparación del comportamiento del consumo de energía de un proceso productivo en un periodo determinado respecto al consumo energético calculado a partir de la línea base, tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100; adicionalmente, genera alertas en cuanto a variaciones positivas o negativas en la eficiencia del proceso. (**Figura 25**. indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS)

$$Ib100 = \frac{E_{lb}}{E_{real}} * 100$$

8. Se halla el CUSUM, el cual es un indicador de tendencia del desempeño energético, que muestra de una forma gráfica la eficiencia del sistema. Este sale de realizar una sumatoria entre la diferencia del consumo activa y consumo línea base (**Figura 26**.

Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) LAS LOMAS)

$$\sum R - Ib$$

9. Por último, se determinan los consumos que son eficientes y los que son ineficientes de acuerdo con el dato que arrojo el Ib100 en cada consumo y tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100. (**Tabla 24** Estación LAS LOMAS datos eficientes)
10. Para hallar el costo total del potencial de ahorro, se suman todos los potenciales de ahorro y se multiplican por el precio del Kw/h

Tabla 24 Estación LAS LOMAS datos eficientes

Eo	49.342
m	0.4674

	Consumo Activa	Volumen Bombeado	consumo línea ba	R-lb	Valores de línea	LINEA META	potencial de ahorr	ib 100	cusum	REF	Mayor eficiencia
02/09/2022	5,711.64	12,120.00	5,714.23	-2.59	V	5687.893	26.34	100.045346	-2.59	100	EFICIENTE
05/09/2022	5,558.52	11,790.00	5,559.99	-1.47	V	5533.816	26.17	100.02641	50.15	100	EFICIENTE
13/09/2022	4,809.42	10,260.00	4,844.87	-35.45	V	4819.459	25.41	100.737012	110.04	100	EFICIENTE
15/09/2022	5,974.32	12,780.00	6,022.71	-48.39	V	5996.047	26.67	100.810034	94.78	100	EFICIENTE
16/09/2022	4,580.00	9,800.00	4,629.86	-49.86	V	4604.685	25.18	101.08869	44.92	100	EFICIENTE
17/09/2022	5,630.00	11,960.00	5,639.45	-9.45	V	5613.189	26.26	100.16778	35.47	100	EFICIENTE
20/09/2022	5,315.64	11,385.00	5,370.69	-55.05	V	5344.7215	25.97	101.035642	-19.58	100	EFICIENTE
22/09/2022	4,558.62	9,720.00	4,592.47	-33.85	V	4567.333	25.14	100.742549	-52.47	100	EFICIENTE
24/09/2022	5,042.40	10,740.00	5,069.22	-26.82	V	5043.571	25.65	100.53185	-48.99	100	EFICIENTE
29/09/2022	2,005.74	4,230.00	2,026.44	-20.70	V	2004.052	22.39	101.032237	12.14	100	EFICIENTE
02/10/2022	6,097.74	12,960.00	6,106.85	-9.11	V	6080.089	26.76	100.149334	49.50	100	EFICIENTE
03/10/2022	6,106.32	12,960.00	6,106.85	-0.53	V	6080.089	26.76	100.008614	48.97	100	EFICIENTE
09/10/2022	4,922.94	10,440.00	4,929.00	-6.06	V	4903.501	25.50	100.123057	182.46	100	EFICIENTE
14/10/2022	4,922.94	10,440.00	4,929.00	-6.06	V	4903.501	25.50	100.123057	258.67	100	EFICIENTE
18/10/2022	6,089.82	12,960.00	6,106.85	-17.03	V	6080.089	26.76	100.279581	295.59	100	EFICIENTE
21/10/2022	6,082.56	12,960.00	6,106.85	-24.29	V	6080.089	26.76	100.399273	289.65	100	EFICIENTE
22/10/2022	3,013.56	6,345.00	3,015.00	-1.43	V	2991.5455	23.45	100.047618	288.21	100	EFICIENTE
24/10/2022	3,981.12	8,415.00	3,982.51	-1.39	V	3958.0285	24.48	100.03499	286.82	100	EFICIENTE
25/10/2022	6,089.82	12,960.00	6,106.85	-17.03	V	6080.089	26.76	100.279581	269.79	100	EFICIENTE
28/10/2022	6,082.56	12,960.00	6,106.85	-24.29	V	6080.089	26.76	100.399273	263.85	100	EFICIENTE
29/10/2022	3,013.56	6,345.00	3,015.00	-1.43	V	2991.5455	23.45	100.047618	262.41	100	EFICIENTE
31/10/2022	3,981.12	8,415.00	3,982.51	-1.39	V	3958.0285	24.48	100.03499	261.02	100	EFICIENTE
03/11/2022	4,405.50	9,360.00	4,424.21	-18.71	V	4399.249	24.96	100.424606	264.89	100	EFICIENTE
05/11/2022	3,981.12	8,415.00	3,982.51	-1.39	V	3958.0285	24.48	100.03499	263.50	100	EFICIENTE
06/11/2022	6,089.82	12,960.00	6,106.85	-17.03	V	6080.089	26.76	100.279581	246.47	100	EFICIENTE
07/11/2022	6,087.18	12,960.00	6,106.85	-19.67	V	6080.089	26.76	100.323072	226.80	100	EFICIENTE
10/11/2022	4,329.60	9,240.00	4,368.12	-38.52	V	4343.221	24.90	100.889643	211.51	100	EFICIENTE
11/11/2022	6,069.36	12,960.00	6,106.85	-37.49	V	6080.089	26.76	100.617627	174.02	100	EFICIENTE
13/11/2022	5,625.18	11,940.00	5,630.10	-4.92	V	5603.851	26.25	100.087428	169.10	100	EFICIENTE
14/11/2022	5,827.80	12,420.00	5,854.45	-26.65	V	5827.963	26.49	100.457291	142.45	100	EFICIENTE
18/11/2022	5,630.00	11,960.00	5,639.45	-9.45	V	5613.189	26.26	100.16778	160.12	100	EFICIENTE
21/11/2022	5,315.64	11,385.00	5,370.69	-55.05	V	5344.7215	25.97	101.035642	105.07	100	EFICIENTE
23/11/2022	4,558.62	9,720.00	4,592.47	-33.85	V	4567.333	25.14	100.742549	72.18	100	EFICIENTE
25/11/2022	5,042.40	10,740.00	5,069.22	-26.82	V	5043.571	25.65	100.53185	75.65	100	EFICIENTE
30/11/2022	2,005.74	4,230.00	2,026.44	-20.70	V	2004.052	22.39	101.032237	136.78	100	EFICIENTE
01/12/2022	2,240.27	4,780.00	2,283.51	-43.24	V	2260.847	22.67	101.930303	93.54	100	EFICIENTE
04/12/2022	2,570.00	5,400.00	2,573.30	-3.30	V	2550.325	22.98	100.128482	95.84	100	EFICIENTE
08/12/2022	5,200.00	11,200.00	5,284.22	-84.22	V	5258.345	25.88	101.619654	11.62	100	EFICIENTE
10/12/2022	6,006.00	12,800.00	6,032.06	-26.06	V	6005.385	26.68	100.433933	-14.44	100	EFICIENTE
15/12/2022	4,258.98	9,150.00	4,326.05	-67.07	V	4301.2	24.85	101.574837	-60.23	100	EFICIENTE
17/12/2022	5,500.00	11,790.79	5,560.36	-60.36	V	5534.184384	26.17	101.097396	-72.71	100	EFICIENTE
21/12/2022	5,356.56	11,475.00	5,412.76	-56.20	V	5386.7425	26.01	101.049125	-84.33	100	EFICIENTE
31/12/2022	2,240.27	4,780.00	2,283.51	-43.24	V	2260.847	22.67	101.930303	34.95	100	EFICIENTE

Fuente: Recolección de datos eficientes para búsqueda de resultados.

4.1.3 Tercera tabla LAS LOMAS

Los únicos datos que dieron “V”, es decir los datos eficientes

Tabla 25 Línea meta estación LAS LOMAS

LINEA META	Eo	29.065
	m	0.4669
	Consumo Activa	Volumen Bombeado
02/09/2022	5,711.64	12,120.00
05/09/2022	5,558.52	11,790.00
13/09/2022	4,809.42	10,260.00
15/09/2022	5,974.32	12,780.00
16/09/2022	4,580.00	9,800.00
17/09/2022	5,630.00	11,960.00
20/09/2022	5,315.64	11,385.00
22/09/2022	4,558.62	9,720.00
24/09/2022	5,042.40	10,740.00
29/09/2022	2,005.74	4,230.00
02/10/2022	6,097.74	12,960.00
03/10/2022	6,106.32	12,960.00
09/10/2022	4,922.94	10,440.00
14/10/2022	4,922.94	10,440.00
18/10/2022	6,089.82	12,960.00
21/10/2022	6,082.56	12,960.00
22/10/2022	3,013.56	6,345.00
24/10/2022	3,981.12	8,415.00
25/10/2022	6,089.82	12,960.00
28/10/2022	6,082.56	12,960.00
29/10/2022	3,013.56	6,345.00
31/10/2022	3,981.12	8,415.00
03/11/2022	4,405.50	9,360.00
05/11/2022	3,981.12	8,415.00
06/11/2022	6,089.82	12,960.00
07/11/2022	6,087.18	12,960.00
10/11/2022	4,329.60	9,240.00
11/11/2022	6,069.36	12,960.00
13/11/2022	5,625.18	11,940.00
14/11/2022	5,827.80	12,420.00
18/11/2022	5,630.00	11,960.00
21/11/2022	5,315.64	11,385.00
23/11/2022	4,558.62	9,720.00
25/11/2022	5,042.40	10,740.00
30/11/2022	2,005.74	4,230.00
01/12/2022	2,240.27	4,780.00
04/12/2022	2,570.00	5,400.00
08/12/2022	5,200.00	11,200.00
10/12/2022	6,006.00	12,800.00
15/12/2022	4,258.98	9,150.00
17/12/2022	5,500.00	11,790.79
21/12/2022	5,356.56	11,475.00
31/12/2022	2,240.27	4,780.00

Fuente: Datos línea meta tomados en la ESTACIÓN LAS LOMAS.

4.1.4 Eficiencia del sistema y potencial de ahorro ESTACIÓN LAS LOMAS

Se concluye tal cual aparece en el Excel

Un potencial de ahorro de \$ 1.681.683,69

Eficiencia del sistema: 51,190%

POTENCIAL AHORRO		
COSTO TOTAL	\$ 784.59	\$ 1,681,683.69

Eficientes	43
deficientes	41
Eficiencia sistema	51.190%

Gráfica

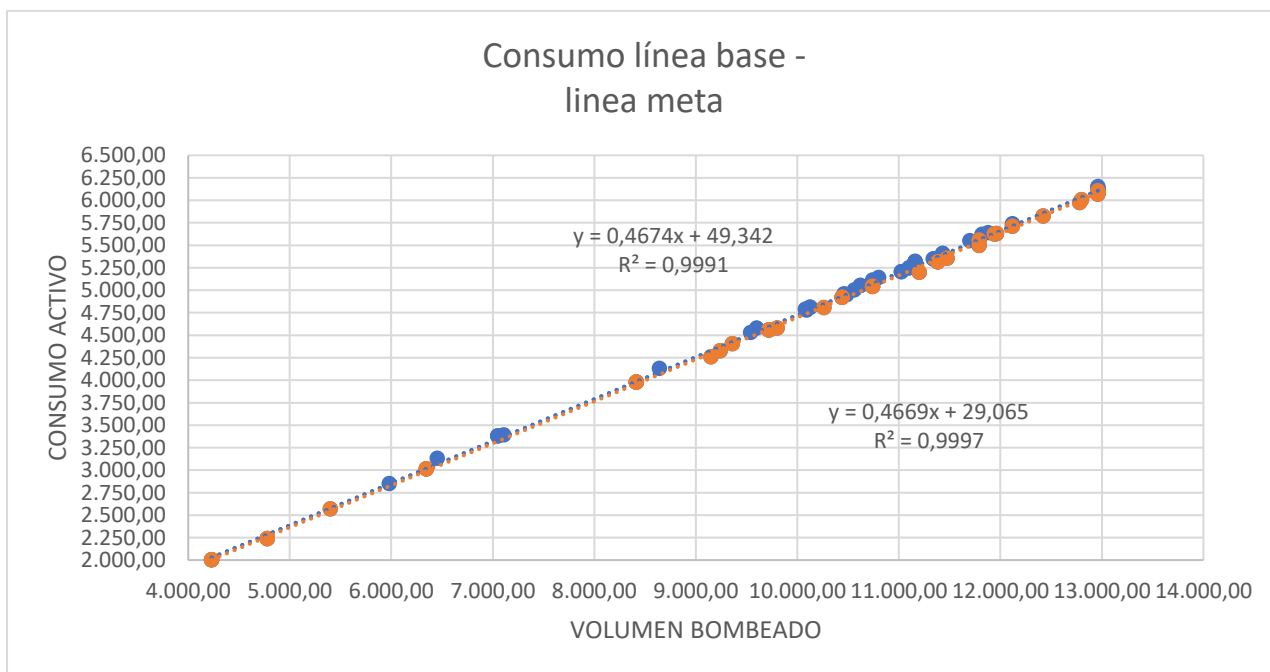


Figura 24. Consumo línea base-Línea meta LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

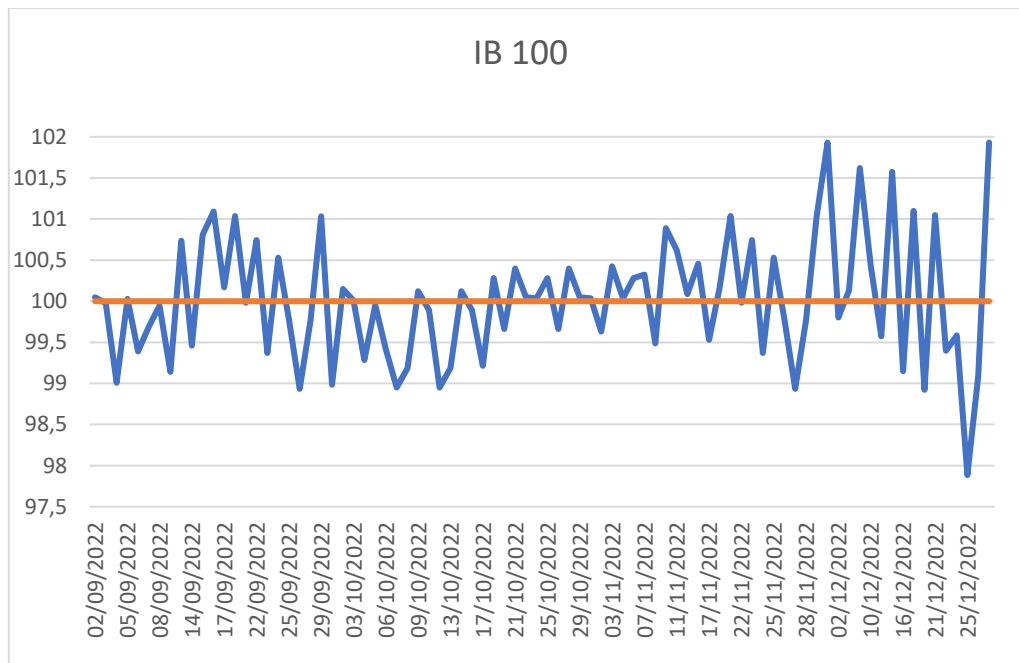


Figura 25. indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

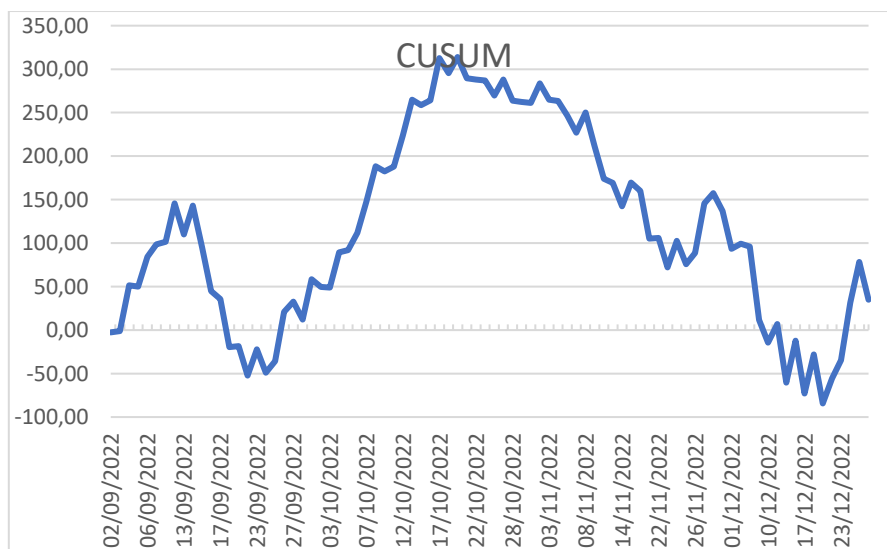


Figura 26. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

4.2 Estación de bombeo ATALAYA

1. Al comenzar se definen los parámetros a estudiar los cuales son el consumo de energía activa y el volumen de bombeo de la estación de bombeo ATALAYA, los cuales son tomados diariamente durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, como aparece en la **Tabla 26** Resultados estación ATALAYA.
2. Se halla la línea base de índice de consumo y esta sale de la ecuación de la línea de tendencia de consumo activo Vs Volumen bombeado, con esto se saca la gráfica de la **Figura 27**. Línea base corrección de datos atípicos ATALAYA.

$$E = mP + E_0, \text{ Ecuación de línea base de consumo de energía}$$

Esta gráfica arroja la ecuación anterior, donde se sacan los datos del m y del E_0 , datos los cuales se reemplazan y se van encontrando los datos que van creando la línea base.

3. Después de hallar la línea base, se halla el dato de $s(xy)$ el cual se determina por medio de regresión lineal (**Análisis de regresión estación ATALAYA**)
4. **Tabla 27** *Análisis de regresión ATALAYA*)
5. Con el dato de $s(xy)$, se reemplaza en la fórmula de desviación estándar positiva y en la fórmula negativa para buscar los datos que no salen de ese rango. Los datos que están fuera de ese rango son los datos atípicos, es decir, aquellos datos erróneos, ya sea por error de lectura, instrumentos mal calibrados, entre otros. (**Tabla 26** Resultados estación ATALAYA)

$$lb + sxy * w$$

Tabla 26 Resultados estación ATALAYA

	Eo	30.217		s(xy)	91.84003532	
	m	0.1492		w1		1
	Consumo Activa	Volumen Bombeado	Consumo linea base	consumo lb+sxy *1	consumo lb+sxy *1	confiabilidad
01/09/2022	1,160.00	7,231.60	1109.17172	1201.01176	1017.33168	v
02/09/2022	1,280.00	7,970.00	1219.341	1311.18104	1127.50096	v
03/09/2022	1,080.00	7,444.80	1140.98116	1232.8212	1049.14112	v
04/09/2022	3,200.00	21,357.20	3216.71124	3308.55128	3124.8712	v
05/09/2022	1,160.00	7,282.00	1116.6914	1208.53144	1024.85136	v
06/09/2022	1,600.00	10,534.20	1601.91964	1693.75968	1510.0796	v
07/09/2022	1,000.00	6,297.40	969.78908	1061.62912	877.949045	v
08/09/2022	1,040.00	6,510.60	1001.59852	1093.43856	909.758485	v
09/09/2022	1,140.00	6,881.00	1056.8622	1148.70224	965.022165	v
10/09/2022	1,240.00	7,811.80	1195.73756	1287.5776	1103.89752	v
11/09/2022	2,280.00	15,011.20	2269.88804	2361.72808	2178.048	v
12/09/2022	1,520.00	9,958.00	1515.9506	1607.79064	1424.11056	v
13/09/2022	2,080.00	13,692.20	2073.09324	2164.93328	1981.2532	v
14/09/2022	1,800.00	11,822.00	1794.0594	1885.89944	1702.21936	v
15/09/2022	2,640.00	17,599.20	2656.01764	2747.85768	2564.1776	v
16/09/2022	1,040.00	6,999.00	1074.4678	1166.30784	982.627765	v
17/09/2022	1,720.00	11,489.80	1744.49516	1836.3352	1652.65512	v
18/09/2022	2,800.00	19,151.00	2887.5462	2979.38624	2795.70616	v
19/09/2022	1,520.00	10,025.00	1525.947	1617.78704	1434.10696	v
20/09/2022	1,920.00	11,919.20	1808.56164	1900.40168	1716.7216	atipico
21/09/2022	2,040.00	13,305.00	2015.323	2107.16304	1923.48296	v
22/09/2022	840.00	5,411.20	837.56804	929.408075	745.728005	v
23/09/2022	1,440.00	9,320.00	1420.761	1512.60104	1328.92096	v
24/09/2022	560.00	4,484.80	699.34916	791.189195	607.509125	atipico
25/09/2022	1,960.00	14,011.20	2120.68804	2212.52808	2028.848	atipico
26/09/2022	1,600.00	9,899.00	1507.1478	1598.98784	1415.30776	atipico
27/09/2022	2,400.00	15,871.20	2398.20004	2490.04008	2306.36	v
28/09/2022	1,120.00	7,008.00	1075.8106	1167.65064	983.970565	v
29/09/2022	45.00	278.60	71.78412	163.624155	-20.0559153	v
30/09/2022	500.00	3,580.00	564.353	656.193035	472.512965	v
01/10/2022	70.00	453.60	97.89412	189.734155	6.05408468	v
02/10/2022	960.00	5,943.20	916.94244	1008.78248	825.102405	v
03/10/2022	1,300.00	8,765.00	1337.955	1429.79504	1246.11496	v
04/10/2022	1,300.00	7,527.20	1153.27524	1245.11528	1061.4352	atipico
05/10/2022	1,040.00	6,632.00	1019.7114	1111.55144	927.871365	v
06/10/2022	400.00	2,329.00	377.7038	469.543835	285.863765	v
07/10/2022	10.00	0.00	30.217	122.057035	-61.6230353	v
08/10/2022	80.00	277.20	71.57524	163.415275	-20.2647953	v
09/10/2022	440.00	2,522.60	406.58892	498.428955	314.748885	v
10/10/2022	680.00	3,854.00	605.2338	697.073835	513.393765	v
11/10/2022	1,160.00	7,114.80	1091.74516	1183.5852	999.905125	v
12/10/2022	10.00	0.00	30.217	122.057035	-61.6230353	v
13/10/2022	80.00	277.20	71.57524	163.415275	-20.2647953	v
14/10/2022	440.00	2,522.60	406.58892	498.428955	314.748885	v
15/10/2022	680.00	3,854.00	605.2338	697.073835	513.393765	v
16/10/2022	1,160.00	7,114.80	1091.74516	1183.5852	999.905125	v
17/10/2022	2,920.00	19,026.00	2868.8962	2960.73624	2777.05616	v
18/10/2022	2,840.00	17,886.20	2698.83804	2790.67808	2606.998	atipico
19/10/2022	1,840.00	11,483.00	1743.4806	1835.32064	1651.64056	atipico
20/10/2022	2,560.00	16,598.20	2506.66844	2598.50848	2414.8284	v
21/10/2022	2,640.00	16,821.00	2539.9102	2631.75024	2448.07016	atipico
22/10/2022	320.00	1,578.88	265.785896	357.625931	173.945861	v
23/10/2022	480.00	2,841.20	454.12404	545.964075	362.284005	v
24/10/2022	160.00	868.00	159.7226	251.562635	67.8825647	v
25/10/2022	2,840.00	17,886.20	2698.83804	2790.67808	2606.998	atipico
26/10/2022	1,840.00	11,483.00	1743.4806	1835.32064	1651.64056	atipico
27/10/2022	2,560.00	16,598.20	2506.66844	2598.50848	2414.8284	v
28/10/2022	2,640.00	16,821.00	2539.9102	2631.75024	2448.07016	atipico
29/10/2022	320.00	1,578.88	265.785896	357.625931	173.945861	v
30/10/2022	480.00	2,841.20	454.12404	545.964075	362.284005	v
31/10/2022	160.00	868.00	159.7226	251.562635	67.8825647	v

Continuación Tabla 26 Resultados estación ATALAYA

01/11/2022	2,600.00	16,468.20	2487.27244	2579.11248	2395.4324	atipico
02/11/2022	3,120.00	20,388.00	3072.1066	3163.94664	2980.26656	v
03/11/2022	1,920.00	14,000.00	2119.017	2210.85704	2027.17696	atipico
04/11/2022	480.00	2,841.20	454.12404	545.964075	362.284005	v
05/11/2022	160.00	868.00	159.7226	251.562635	67.8825647	v
06/11/2022	2,840.00	17,886.20	2698.83804	2790.67808	2606.998	atipico
07/11/2022	2,600.00	17,235.00	2601.679	2693.51904	2509.83896	v
08/11/2022	1,680.00	9,966.20	1517.17404	1609.01408	1425.334	atipico
09/11/2022	80.00	0.00	30.217	122.057035	-61.6230353	v
10/11/2022	640.00	3,389.20	535.88564	627.725675	444.045605	atipico
11/11/2022	1,160.00	6,991.00	1073.2742	1165.11424	981.434165	v
12/11/2022	53.00	396.00	89.3002	181.140235	-2.53983532	v
13/11/2022	1,080.00	6,954.00	1067.7538	1159.59384	975.913765	v
14/11/2022	1,320.00	7,522.00	1152.4994	1244.33944	1060.65936	atipico
15/11/2022	440.00	2,079.20	340.43364	432.273675	248.593605	atipico
16/11/2022	1,200.00	6,675.50	1026.2016	1118.04164	934.361565	atipico
17/11/2022	2,040.00	12,410.20	1881.81884	1973.65888	1789.9788	atipico
18/11/2022	1,720.00	11,489.80	1744.49516	1836.3352	1652.65512	v
19/11/2022	2,800.00	19,151.00	2887.5462	2979.38624	2795.70616	v
20/11/2022	1,520.00	10,025.00	1525.947	1617.78704	1434.10696	v
21/11/2022	1,920.00	11,919.20	1808.56164	1900.40168	1716.7216	atipico
22/11/2022	2,040.00	13,305.00	2015.323	2107.16304	1923.48296	v
23/11/2022	840.00	5,411.20	837.56804	929.408075	745.728005	v
24/11/2022	1,440.00	9,320.00	1420.761	1512.60104	1328.92096	v
25/11/2022	560.00	4,484.80	699.34916	791.189195	607.509125	atipico
26/11/2022	1,960.00	14,011.20	2120.68804	2212.52808	2028.848	atipico
27/11/2022	1,600.00	9,899.00	1507.1478	1598.98784	1415.30776	atipico
28/11/2022	2,400.00	15,871.20	2398.20004	2490.04008	2306.36	v
29/11/2022	1,120.00	7,008.00	1075.8106	1167.65064	983.970565	v
30/11/2022	45.00	278.60	71.78412	163.624155	-20.0559153	v
01/12/2022	390.00	2,491.80	401.99356	493.833595	310.153525	v
02/12/2022	80.00	499.90	104.80208	196.642115	12.9620447	v
03/12/2022	280.00	2,038.40	334.34628	426.186315	242.506245	v
04/12/2022	320.00	2,453.10	396.21952	488.059555	304.379485	v
05/12/2022	10.00	87.60	43.28692	135.126955	-48.5531153	v
06/12/2022	10.00	0.00	30.217	122.057035	-61.6230353	v
07/12/2022	40.00	0.00	30.217	122.057035	-61.6230353	v
08/12/2022	680.00	5,188.90	804.40088	896.240915	712.560845	atipico
09/12/2022	160.00	1,028.20	183.62444	275.464475	91.7844047	v
10/12/2022	380.00	2,493.60	402.26212	494.102155	310.422085	v
11/12/2022	1,450.37	9,850.00	1499.837	1591.67704	1407.99696	v
12/12/2022	840.00	5,483.06	848.289552	940.129587	756.449517	v
13/12/2022	1,400.00	9,498.50	1447.3932	1539.23324	1355.55316	v
14/12/2022	1,800.00	12,000.00	1820.617	1912.45704	1728.77696	v
15/12/2022	1,040.00	7,033.50	1079.6152	1171.45524	987.775165	v
16/12/2022	1,640.00	11,389.50	1729.5304	1821.37044	1637.69036	v
17/12/2022	1,080.00	7,086.50	1087.5228	1179.36284	995.682765	v
18/12/2022	1,120.00	7,105.30	1090.32776	1182.1678	998.487725	v
19/12/2022	1,200.00	8,168.30	1248.92736	1340.7674	1157.08732	v
20/12/2022	760.00	5,165.00	800.835	892.675035	708.994965	v
21/12/2022	1,760.00	12,240.80	1856.54436	1948.3844	1764.70432	atipico
22/12/2022	880.00	7,008.30	1075.85536	1167.6954	984.015325	atipico
23/12/2022	1,160.00	9,812.20	1494.19724	1586.03728	1402.3572	atipico
24/12/2022	1,360.00	10,776.70	1638.10064	1729.94068	1546.2606	atipico
25/12/2022	1,620.00	12,329.80	1869.82316	1961.6632	1777.98312	atipico
26/12/2022	1,200.00	9,397.50	1432.324	1524.16404	1340.48396	atipico
27/12/2022	1,540.00	11,289.40	1714.59548	1806.43552	1622.75544	atipico
28/12/2022	2,990.00	20,696.50	3118.1348	3209.97484	3026.29476	atipico
29/12/2022	1,800.00	11,738.70	1781.63104	1873.47108	1689.791	v
30/12/2022	2,220.00	15,554.10	2350.88872	2442.72876	2259.04868	atipico
31/12/2022	390.00	2,491.80	401.99356	493.833595	310.153525	v

Fuente: Recolección de información para búsqueda de resultados.

4.2.1 Análisis de regresión estación ATALAYA

Tabla 27 Análisis de regresión ATALAYA

Resumen

Estadísticas de la regresión

Coefficiente ρ	0.99433438
Coefficiente r	0.98870085
R ² ajustado	0.98860669
Error típico	91.8400353
Observacion	122

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	Valor crítico de F
Regresión	1	88565474.6	88565474.6	10500.2677	1.113E-118
Residuos	120	1012151.05	8434.59209		
Total	121	89577625.6			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	superior 95,0%
Intercepción	30.2170022	14.6920006	2.0566976	0.04188308	1.12786364	59.3061408	1.12786364
Variable X 1	0.14916507	0.00145568	102.470814	1.113E-118	0.14628292	0.15204722	0.14628292

Fuente: Tabla realizada por el autor del proyecto

Gráfica

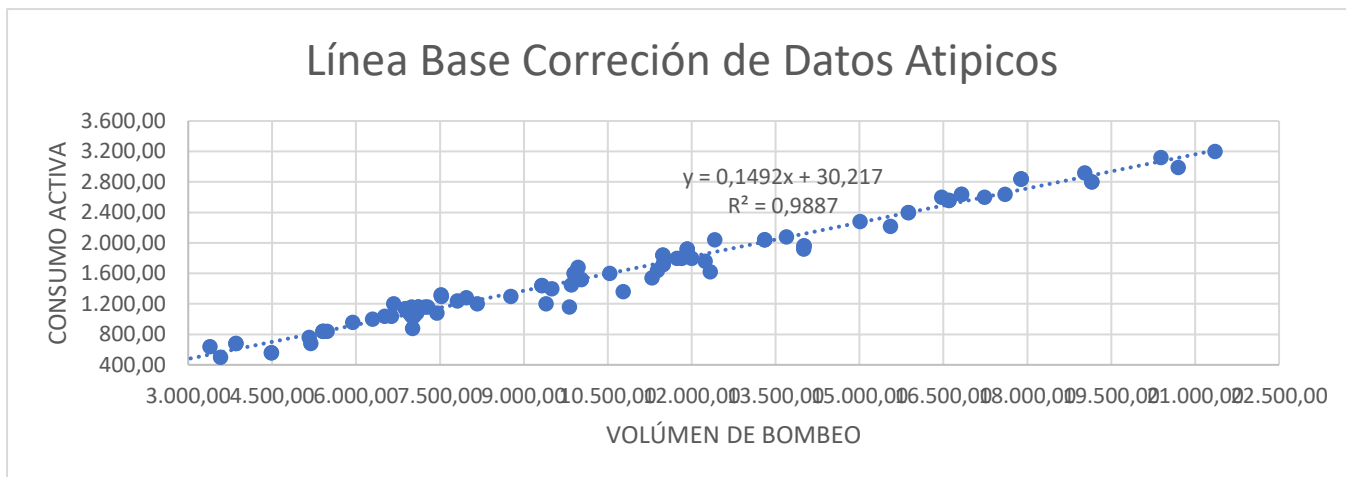


Figura 27. Línea base corrección de datos atípicos ATALAYA

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

4.2.2 Segunda tabla estación LAS LOMAS

Se toman solos los datos que dan “V”, ya que estos son los datos correctos y se halla una nueva línea base siguiendo todos los pasos mencionados anteriormente. (**Tabla 28** Estación ATALAYA datos eficientes)

1. Tal como se ve en la **Tabla 28** Estación ATALAYA datos eficientes, se busca la línea meta la cual tiene como finalidad definir el potencial de ahorro y esta sale de buscar los datos que están por debajo de la línea base, entonces se realiza la diferencia entre consumo activo menos consumo línea base. Los datos de consumo activo que son menores que los datos de la línea base son aquellos que entran a formar parte de la línea meta, estos se denominaran datos “V”.
2. Al momento de tener todos los datos de consumo activo que dieron “V”, se colocan aparte tal cual se observa en la **Tabla 28** Estación ATALAYA datos eficientes y se halla una nueva grafica tal como se puede observar en la **Figura 28**. Consumo línea base-Línea meta ATALAYA con los parámetros de consumo activo Vs volumen bombeado, dicha grafica arroja una nueva ecuación lineal con la cual se extrae el dato de la pendiente y el dato del E_o (la cual es la energía no asociada a la producción).
3. Se reemplazan todos los datos de consumo activo (en la ecuación está denominado por la letra P), el dato de pendiente (m) y el E_o en la ecuación de la línea meta la cual es $E = mP + E_o$, igual a la ecuación de la línea base.
4. Finalmente, en la **Tabla 29** Línea meta estación ATALAYA, se obtienen todos los valores de la línea meta, los cuales representan cuanto se va a disminuir en cada consumo activo.
5. Se busca el potencial de ahorro de acuerdo con la línea base la cual es la tendencia de consumo de energía activa y a esta se le resta la línea meta la cual representa el consumo

de energía activa que el sistema debería manejar para ese mismo consumo o producción de bombeo de agua.

6. Se halla el Ib100, el cual es un indicador de desempeño energético base 100 es una herramienta de gestión energética que permite realizar una comparación del comportamiento del consumo de energía de un proceso productivo en un periodo determinado respecto al consumo energético calculado a partir de la línea base, tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100; adicionalmente, genera alertas en cuanto a variaciones positivas o negativas en la eficiencia del proceso. (**Figura 29.** Indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS).

$$Ib100 = \frac{E_{lb}}{E_{real}} * 100$$

7. Se halla el CUSUM, el cual es un indicador de tendencia del desempeño energético, que muestra de una forma gráfica la eficiencia del sistema. Este sale de realizar una sumatoria entre la diferencia del consumo activa y consumo línea base. (**Figura 30.** Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) ATALAYA; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**)

$$\sum R - lb$$

8. Por último, se determinan los consumos que son eficientes y los que son ineficientes de acuerdo con el dato que arroja el Ib100 en cada consumo y tomando como referencia de cumplimiento un valor adimensional de 100. (**Tabla 28** Estación ATALAYA datos eficientes)
9. Para hallar el costo total del potencial de ahorro, se suman todos los potenciales de ahorro y se multiplican por el precio del Kw/h

Tabla 28 Estación ATALAYA datos eficientes

Eo	36,533
m	0,1491

	Consumo Activa	Volumen Bombeado	consumo línea base	R-Ih	de línea	LINEA META	potencial de ahorr	ib 100	cusum	REF	Mayor eficiencia
01/09/2022	1.160,00	7.231,60	1.114,76	45,24	F	1081,97782	32,79	96,1003931	45,24	100	F
02/09/2022	1.280,00	7.970,00	1.224,86	55,14	F	1191,7779	33,08	95,6921875	100,38	100	F
03/09/2022	1.080,00	7.444,80	1.146,55	-66,55	V	1113,68066	32,87	106,162285	33,82	100	EFICIENTE
04/09/2022	3.200,00	21.357,20	3.220,89	-20,89	V	3182,45454	38,44	100,65286	12,93	100	EFICIENTE
05/09/2022	1.160,00	7.282,00	1.122,28	37,72	F	1089,4723	32,81	96,7482069	50,65	100	F
06/09/2022	1.600,00	10.534,20	1.607,18	-7,18	V	1573,07444	34,11	100,448889	43,47	100	EFICIENTE
07/09/2022	1.000,00	6.297,40	975,48	24,52	F	943,06228	32,41	97,547534	67,99	100	F
08/09/2022	1.040,00	6.510,60	1.007,26	32,74	F	974,76512	32,50	96,8522558	100,73	100	F
09/09/2022	1.140,00	6.881,00	1.062,49	77,51	F	1029,8436	32,65	93,200886	178,24	100	F
10/09/2022	1.240,00	7.811,80	1.201,27	38,73	F	1168,25356	33,02	96,8768048	216,97	100	F
11/09/2022	2.280,00	15.011,20	2.274,70	5,30	F	2238,80434	35,90	99,7676719	222,27	100	F
12/09/2022	1.520,00	9.958,00	1.521,27	-1,27	V	1487,3935	33,88	100,083605	220,99	100	EFICIENTE
13/09/2022	2.080,00	13.692,20	2.078,04	1,96	F	2042,66904	35,37	99,9057702	222,95	100	F
14/09/2022	1.800,00	11.822,00	1.799,19	0,81	F	1764,5703	34,62	99,9551778	223,76	100	F
15/09/2022	2.640,00	17.599,20	2.660,57	-20,57	V	2623,63994	36,93	100,779308	203,19	100	EFICIENTE
16/09/2022	1.040,00	6.999,00	1.080,08	-40,08	V	1047,3902	32,69	103,854221	163,10	100	EFICIENTE
17/09/2022	1.720,00	11.489,80	1.749,66	-29,66	V	1715,17216	34,49	101,724545	133,44	100	EFICIENTE
18/09/2022	2.800,00	19.151,00	2.891,95	-91,95	V	2854,3926	37,55	103,283825	41,49	100	EFICIENTE
19/09/2022	1.520,00	10.025,00	1.531,26	-11,26	V	1497,3564	33,90	100,740822	30,23	100	EFICIENTE
21/09/2022	2.040,00	13.305,00	2.020,31	19,69	F	1985,0924	35,22	99,0347304	49,93	100	F
22/09/2022	840,00	5.411,20	843,34	-3,34	V	811,28434	32,06	100,397967	46,58	100	EFICIENTE
23/09/2022	1.440,00	9.320,00	1.426,15	13,86	F	1392,5229	33,62	99,0378472	60,44	100	F
27/09/2022	2.400,00	15.871,20	2.402,93	-2,93	V	2366,68634	36,24	100,122038	57,51	100	EFICIENTE
28/09/2022	1.120,00	7.008,00	1.081,43	38,57	F	1048,7285	32,70	96,555875	96,08	100	F
29/09/2022	45,00	278,60	78,07	-33,07	V	48,06672	30,01	173,493911	63,01	100	EFICIENTE
30/09/2022	500,00	3.580,00	570,31	-70,31	V	538,9849	31,33	114,0622	-7,30	100	EFICIENTE
01/10/2022	70,00	453,60	104,16	-34,16	V	74,08922	30,08	148,8068	-41,46	100	EFICIENTE
02/10/2022	960,00	5.943,20	922,66	37,34	F	890,39274	32,27	96,1108458	-4,13	100	F
03/10/2022	1.300,00	8.765,00	1.343,39	-43,39	V	1309,9944	33,40	103,338038	-47,52	100	EFICIENTE
05/10/2022	1.040,00	6.632,00	1.025,36	14,64	F	992,8173	32,55	98,5927115	-32,89	100	F
06/10/2022	400,00	2.329,00	383,79	16,21	F	352,9612	30,83	95,946725	-16,67	100	F
07/10/2022	10,00	0,00	36,53	-26,53	V	6,6389	29,89	365,33	-43,21	100	EFICIENTE
08/10/2022	80,00	277,20	77,86	2,14	F	47,85854	30,00	97,3294	-41,07	100	F
09/10/2022	440,00	2.522,60	412,65	27,35	F	381,74952	30,90	93,7846955	-13,72	100	F
10/10/2022	680,00	3.854,00	611,16	68,84	F	579,7287	31,44	89,8771176	55,11	100	F
11/10/2022	1.160,00	7.114,80	1.097,35	62,65	F	1064,60966	32,74	94,5991103	117,76	100	F
12/10/2022	10,00	0,00	36,53	-26,53	V	6,6389	29,89	365,33	91,23	100	EFICIENTE
13/10/2022	80,00	277,20	77,86	2,14	F	47,85854	30,00	97,3294	93,37	100	F
14/10/2022	440,00	2.522,60	412,65	27,35	F	381,74952	30,90	93,7846955	120,71	100	F
15/10/2022	680,00	3.854,00	611,16	68,84	F	579,7287	31,44	89,8771176	189,55	100	F
16/10/2022	1.160,00	7.114,80	1.097,35	62,65	F	1064,60966	32,74	94,5991103	252,20	100	F
17/10/2022	2.920,00	19.026,00	2.873,31	46,69	F	2835,8051	37,50	98,4010137	298,89	100	F
20/10/2022	2.560,00	16.598,20	2.511,32	48,68	F	2474,79124	36,53	98,098618	347,56	100	F
22/10/2022	320,00	1.578,88	271,94	48,06	F	241,418356	30,53	84,9825025	395,62	100	F
23/10/2022	480,00	2.841,20	460,16	19,84	F	429,12534	31,03	95,8658167	415,46	100	F
24/10/2022	160,00	868,00	165,95	-5,95	V	135,7105	30,24	103,719875	409,51	100	EFICIENTE
27/10/2022	2.560,00	16.598,20	2.511,32	48,68	F	2474,79124	36,53	98,098618	458,19	100	F
29/10/2022	320,00	1.578,88	271,94	48,06	F	241,418356	30,53	84,9825025	506,24	100	F
30/10/2022	480,00	2.841,20	460,16	19,84	F	429,12534	31,03	95,8658167	526,09	100	F
31/10/2022	160,00	868,00	165,95	-5,95	V	135,7105	30,24	103,719875	520,14	100	EFICIENTE
02/11/2022	3.120,00	20.388,00	3.076,38	43,62	F	3038,3345	38,05	98,6020449	563,75	100	F

Continuación Tabla 28 Estación ATALAYA datos eficientes

04/11/2022	480.00	2,841.20	460.16	19.84	F	429.12534	31.03	95.8658167	583.60	100	F
05/11/2022	160.00	868.00	165.95	-5.95	V	135.7105	30.24	103.719875	577.64	100	EFICIENTE
07/11/2022	2,600.00	17,235.00	2,606.27	-6.27	V	2569.4834	36.79	100.241212	571.37	100	EFICIENTE
09/11/2022	80.00	0.00	36.53	43.47	F	6.6389	29.89	45.66625	614.84	100	F
11/11/2022	1,160.00	6,991.00	1,078.89	81.11	F	1046.2006	32.69	93.0078534	695.95	100	F
12/11/2022	53.00	396.00	95.58	-42.58	V	65.5241	30.05	180.333208	653.37	100	EFICIENTE
13/11/2022	1,080.00	6,954.00	1,073.37	6.63	F	1040.6987	32.68	99.3865185	660.00	100	F
18/11/2022	1,720.00	11,489.80	1,749.66	-29.66	V	1715.17216	34.49	101.724545	630.34	100	EFICIENTE
19/11/2022	2,800.00	19,151.00	2,891.95	-91.95	V	2854.3926	37.55	103.283825	538.39	100	EFICIENTE
20/11/2022	1,520.00	10,025.00	1,531.26	-11.26	V	1497.3564	33.90	100.740822	527.13	100	EFICIENTE
22/11/2022	2,040.00	13,305.00	2,020.31	19.69	F	1985.0924	35.22	99.0347304	546.82	100	F
23/11/2022	840.00	5,411.20	843.34	-3.34	V	811.28434	32.06	100.397967	543.48	100	EFICIENTE
24/11/2022	1,440.00	9,320.00	1,426.15	13.86	F	1392.5229	33.62	99.0378472	557.33	100	F
28/11/2022	2,400.00	15,871.20	2,402.93	-2.93	V	2366.68634	36.24	100.122038	554.40	100	EFICIENTE
29/11/2022	1,120.00	7,008.00	1,081.43	38.57	F	1048.7285	32.70	96.555875	592.98	100	F
30/11/2022	45.00	278.60	78.07	-33.07	V	48.06672	30.01	173.493911	559.91	100	EFICIENTE
01/12/2022	390.00	2,491.80	408.06	-18.06	V	377.16956	30.89	104.630867	541.84	100	EFICIENTE
02/12/2022	80.00	499.90	111.07	-31.07	V	80.97403	30.09	138.835113	510.78	100	EFICIENTE
03/12/2022	280.00	2,038.40	340.46	-60.46	V	309.74898	30.71	121.5923	450.32	100	EFICIENTE
04/12/2022	320.00	2,453.10	402.29	-82.29	V	371.41487	30.88	125.715691	368.03	100	EFICIENTE
05/12/2022	10.00	87.60	49.59	-39.59	V	19.66502	29.93	495.9416	328.43	100	EFICIENTE
06/12/2022	10.00	0.00	36.53	-26.53	V	6.6389	29.89	365.33	301.90	100	EFICIENTE
07/12/2022	40.00	0.00	36.53	3.47	F	6.6389	29.89	91.3325	305.37	100	F
09/12/2022	160.00	1,028.20	189.84	-29.84	V	159.53224	30.31	118.648513	275.53	100	EFICIENTE
10/12/2022	380.00	2,493.60	408.33	-28.33	V	377.43722	30.89	107.454937	247.20	100	EFICIENTE
11/12/2022	1,450.37	9,850.00	1,505.17	-54.80	V	1471.3339	33.83	103.77828	192.40	100	EFICIENTE
12/12/2022	840.00	5,483.06	854.06	-14.06	V	821.969922	32.09	101.673482	178.35	100	EFICIENTE
13/12/2022	1,400.00	9,498.50	1,452.76	-52.76	V	1419.06585	33.69	103.768525	125.59	100	EFICIENTE
14/12/2022	1,800.00	12,000.00	1,825.73	-25.73	V	1791.0389	34.69	101.429611	99.85	100	EFICIENTE
15/12/2022	1,040.00	7,033.50	1,085.23	-45.23	V	1052.52035	32.71	104.348832	54.63	100	EFICIENTE
16/12/2022	1,640.00	11,389.50	1,734.71	-94.71	V	1700.25755	34.45	105.774845	-40.08	100	EFICIENTE
17/12/2022	1,080.00	7,086.50	1,093.13	-13.13	V	1060.40145	32.73	101.215755	-53.21	100	EFICIENTE
18/12/2022	1,120.00	7,105.30	1,095.93	24.07	F	1063.19701	32.74	97.8511813	-29.15	100	F
19/12/2022	1,200.00	8,168.30	1,254.43	-54.43	V	1221.26511	33.16	104.535544	-83.57	100	EFICIENTE
20/12/2022	760.00	5,165.00	806.63	-46.63	V	774.6744	31.96	106.136118	-130.21	100	EFICIENTE
29/12/2022	1,800.00	11,738.70	1,786.77	13.23	F	1752.18359	34.59	99.2651761	-116.98	100	F
31/12/2022	390.00	2,491.80	408.06	-18.06	V	377.16956	30.89	104.630867	-135.04	100	EFICIENTE

Fuente: Recolección de datos eficientes para búsqueda de resultados.

4.2.3 Tercera tabla estación LAS LOMAS

Los únicos datos que dieron “V”, es decir los datos eficientes

Tabla 29 Línea meta estación ATALAYA

LINEA META	Eo	6.6389
	m	0.1487

	Consumo Activa	Volumen Bombeado
03/09/2022	1,080.00	7,444.80
04/09/2022	3,200.00	21,357.20
06/09/2022	1,600.00	10,534.20
12/09/2022	1,520.00	9,958.00
15/09/2022	2,640.00	17,599.20
16/09/2022	1,040.00	6,999.00
17/09/2022	1,720.00	11,489.80
18/09/2022	2,800.00	19,151.00
19/09/2022	1,520.00	10,025.00
22/09/2022	840.00	5,411.20
27/09/2022	2,400.00	15,871.20
29/09/2022	45.00	278.60
30/09/2022	500.00	3,580.00
01/10/2022	70.00	453.60
03/10/2022	1,300.00	8,765.00
07/10/2022	10.00	0.00
12/10/2022	10.00	0.00
24/10/2022	160.00	868.00
31/10/2022	160.00	868.00
05/11/2022	160.00	868.00
07/11/2022	2,600.00	17,235.00
12/11/2022	53.00	396.00
18/11/2022	1,720.00	11,489.80
19/11/2022	2,800.00	19,151.00
20/11/2022	1,520.00	10,025.00
23/11/2022	840.00	5,411.20
28/11/2022	2,400.00	15,871.20
30/11/2022	45.00	278.60
01/12/2022	390.00	2,491.80
02/12/2022	80.00	499.90
03/12/2022	280.00	2,038.40
04/12/2022	320.00	2,453.10
05/12/2022	10.00	87.60
06/12/2022	10.00	0.00
09/12/2022	160.00	1,028.20
10/12/2022	380.00	2,493.60
11/12/2022	1,450.37	9,850.00
12/12/2022	840.00	5,483.06
13/12/2022	1,400.00	9,498.50
14/12/2022	1,800.00	12,000.00
15/12/2022	1,040.00	7,033.50
16/12/2022	1,640.00	11,389.50
17/12/2022	1,080.00	7,086.50
19/12/2022	1,200.00	8,168.30
20/12/2022	760.00	5,165.00
31/12/2022	390.00	2,491.80

Fuente: Datos línea meta.

4.2.4 Eficiencia del sistema y potencial de ahorro de la estación ATALAYA

Se concluye tal cual aparece en el Excel

Un potencial de ahorro de \$ 2.159.233,58

Eficiencia del sistema: 52,273%

	POTENCIAL AHORRO		2,752.43
TOTAL	\$ 784.59	\$	2,159,233.58

Eficientes	46
deficientes	42
Eficiencia sistema	52.273%

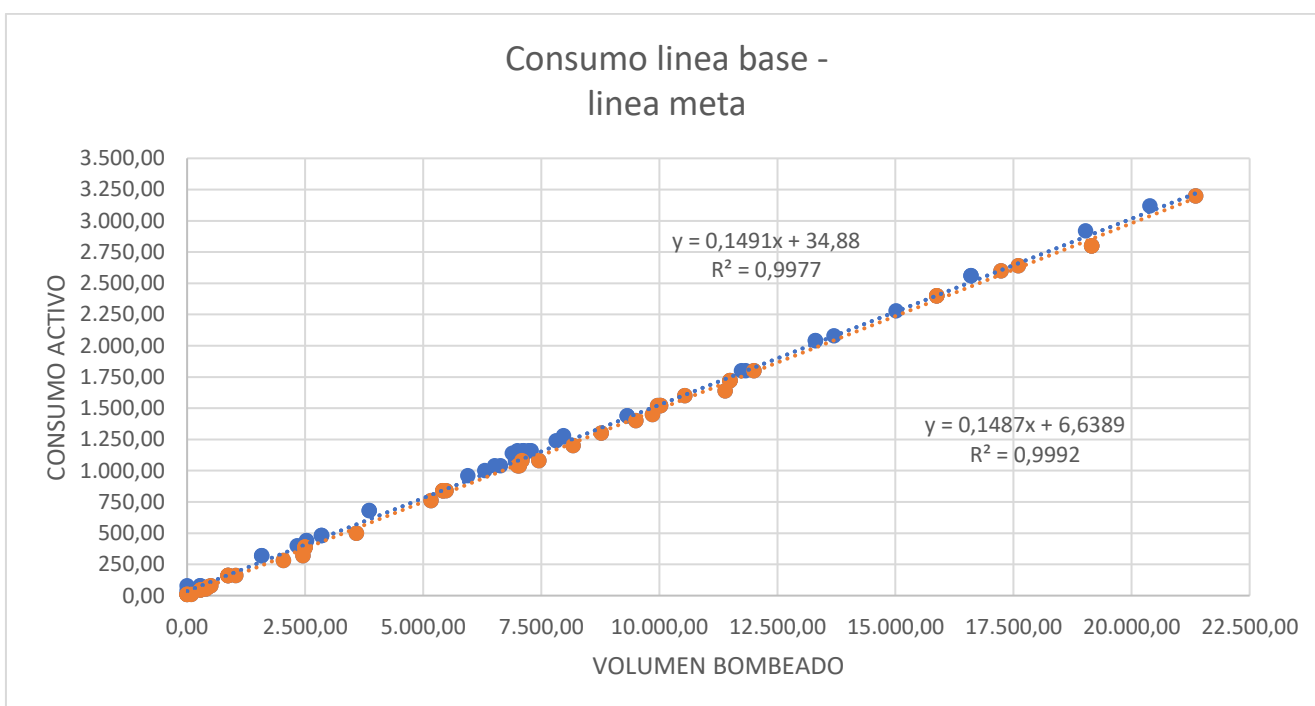


Figura 28. Consumo línea base-Línea meta ATALAYA

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

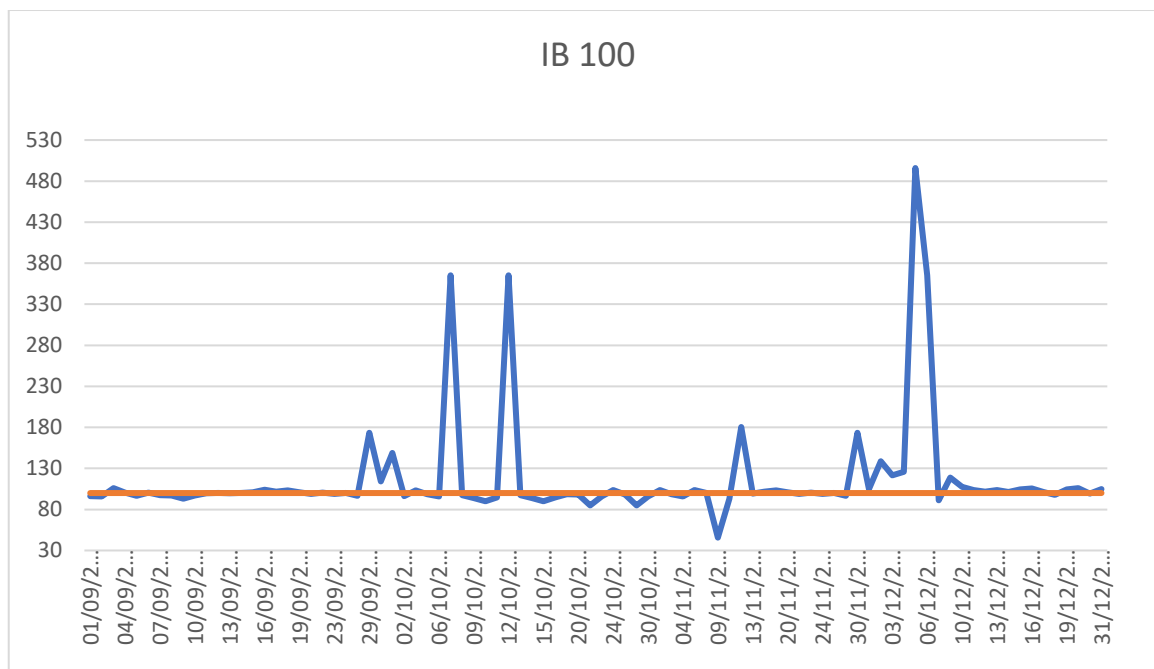


Figura 29. Indicador de desempeño energético base 100 LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

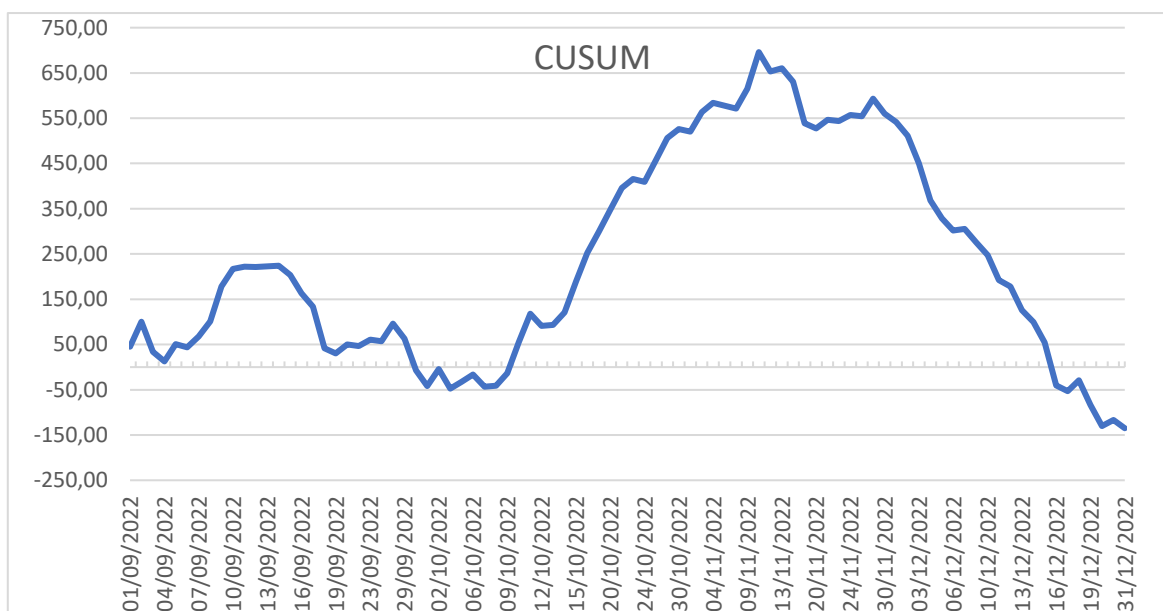


Figura 30. Indicador de tendencia del desempeño energético (CUSUM) ATALAYA

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

Uno de los días de forma arbitraria se realizó una visita a la estación de bombeo LAS LOMAS y ATALAYA en las cuales se realizó un respectivo análisis del sistema de bombeo bomba por bomba para hallar la eficiencia que estas estaban arrojando en el momento, teniendo como base la ecuación de la energía y la recolección de datos que se tomaron ese día al visitar la planta de cada estación.

4.3 Visita arbitraria estación LAS LOMAS

En la estación de agua LAS LOMAS, las tres (3) bombas centrifugas instaladas son de tipo horizontal carcasa partida. Se tomaron una serie de parámetros tal cual aparecen en la **Tabla 30**

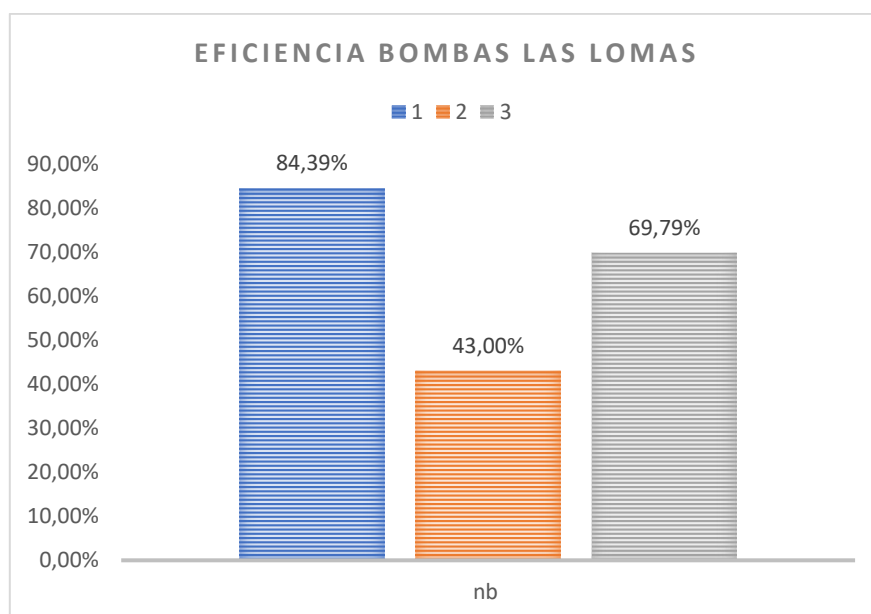
Cálculo eficiencia por bomba estación LAS LOMAS

- Caudal (Q)→l/s
- Presión de descarga (Pd)→Psi
- Presión de succión (Ps)→Psi
- Velocidad de descarga (Vd)→m/s
- Velocidad de succión (Vs)→m/s
- Cabeza de la bomba (Hr)→m
- Potencia hidráulica (Ph)→ KW
- Amperaje(A)→A
- Voltaje(V)→V
- Potencia de accionamiento (Pa)→KW
- Eficiencia de la bomba (nb)→ %

Tabla 30 Cálculo eficiencia por bomba estación LAS LOMAS

DATOS		BOMBA									
D In	14										
	Q (l/s)	Pd (PSI)	Ps (PSI)	Vd (m/s)	Vs (m/s)	Hr(m)	Ph (KW)	A	V	Pa (KW)	nb
1	46	140	6	18,23	18,23	92,5647295	41,7707598	125	440	49,5	84,39%
2	30	140	6	11,89	11,89	92,5647295	27,2417999	160	440	63,36	43,00%
3	35	140	6	13,87	13,87	92,5647295	31,7820999	115	440	45,54	69,79%

Fuente: Datos obtenidos por el autor del proyecto

**Figura 31.** Eficiencia de las bombas estación LAS LOMAS

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

4.4 Visita arbitraria estación ATALAYA

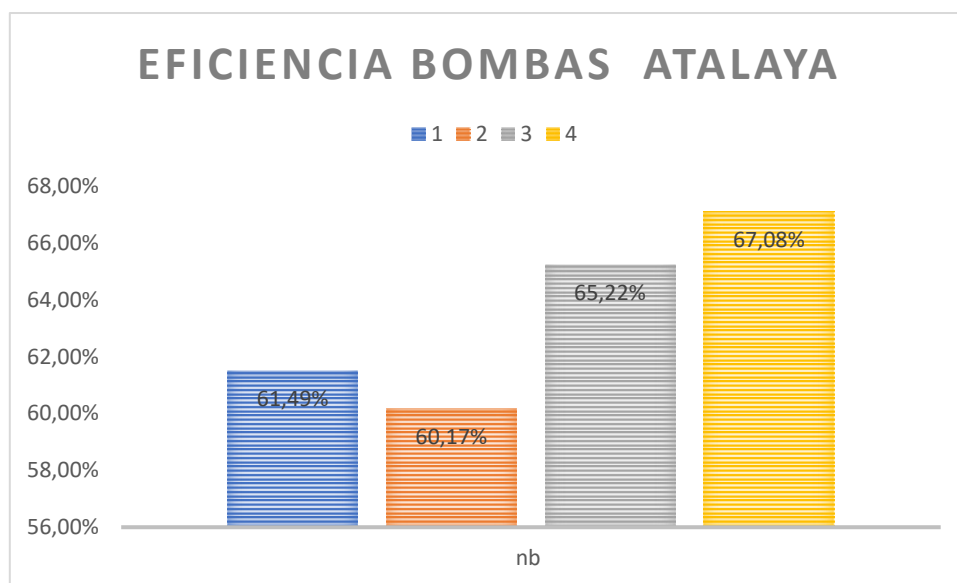
En la estación de agua ATALAYA, las cuatro (4) bombas centrifugas instaladas son de tipo impulsor cerrado. Se tomaron una serie de parámetros tal cual aparecen en la **Tabla 31** Cálculo eficiencia por bomba estación ATALAYA.

- Caudal (Q)→l/s
- Presión de descarga (Pd)→Psi
- Presión de succión (Ps)→Psi
- Velocidad de descarga (Vd)→m/s
- Velocidad de succión (Vs)→m/s
- Cabeza de la bomba (Hr)→m
- Potencia hidráulica (Ph)→ KW
- Amperaje(A)→A
- Voltaje(V)→V
- Potencia de accionamiento (Pa)→KW
- Eficiencia de la bomba (nb)→ %

Tabla 31 Cálculo eficiencia por bomba estación ATALAYA

DATOS		BOMBA												
D In		10		Q (l/s)	Pd (PSI)	Ps (PSI)	Vd (m/s)	Vs (m/s)	Hr(m)	Ph (KW)	A	V	Pa (KW)	nb
1	93	38	5	72,26	72,26	22,7957916	20,7972845	76	445	33,82	61,49%			
2	77	44	5	59,83	59,83	26,940481	20,3500311	76	445	33,82	60,17%			
3	93	40	5	72,26	72,26	24,1773547	22,057726	76	445	33,82	65,22%			
4	93	41	5	72,26	72,26	24,8681363	22,6879468	76	445	33,82	67,08%			

Fuente: Datos obtenidos por el autor del proyecto

**Figura 32.** Eficiencia de las bombas estación ATALAYA

Fuente: Gráfica realizada por el autor del proyecto

Se puede evidenciar que la eficiencia de cada bomba es cercana a la eficiencia del sistema arrojada por medio del análisis estadístico.

5. Conclusiones

1. Los manuales son de muchísima importancia para la descripción, la caracterización de los equipos y del sistema que se maneja, el cual permite dar importación clara y precisa a todas las personas nuevas que vayan a tener acceso a manipular los equipos en las diferentes estaciones, ya que teniendo un conocimiento claro esto hace que el funcionamiento de la estación por lo menos no vaya a empezar a tener inconvenientes con la mala manipulación de equipos, ya que justo ahí también se empieza a ver afectada la eficiencia el sistema.
2. Realizando el análisis se obtuvo que para la estación ATALAYA la eficiencia del sistema es de 52,273%, siendo esta una eficiencia baja y se pudo estimar un potencial de ahorro durante el cuatrimestre de \$ 2.159.233,58, si se incrementa mejoras en el sistema de gestión energética.
3. Realizando el análisis se obtuvo que para la estación LAS LOMAS la eficiencia del sistema es de 51,190% siendo esta una eficiencia baja y se pudo estimar un potencial de ahorro durante el cuatrimestre de \$ 1.681.683,69, si se incrementa mejoras en el sistema de gestión energética.
4. Los ahorros potenciales por gestión energética se pueden identificar y convertir en ahorros reales, mediante un Sistema de Gestión Energética.

6. Recomendaciones

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y las conclusiones establecidas se realizan las siguientes recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con eficiencia energética en estaciones de bombeo

1. Se recomienda a la empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA recordar a sus operarios la importancia de un correcto manejo de los manuales previamente establecidos para tener un correcto funcionamiento.
2. Es importante hacer un chequeo de las válvulas ya que en algunas ocasiones al momento de realizar las tomas se pudo encontrar válvulas que no estaban abiertas completamente y no permitía el paso completo del caudal y todo esto afecta en la eficiencia del sistema.
3. Sería muy beneficioso para la empresa comenzar a gestionar la implementación completa del Sistema de Gestión de la Energía, el cual puede ser basado en un sistema estandarizado como la ISO 50001, el cual garantiza sostenibilidad y mejora continua.
4. Mejorar las relaciones comerciales con los proveedores para tener un asesoramiento por parte estos y para la obtención completa de las curvas características originales de las bombas que conforman las estaciones LAS LOMAS y ATALAYA estudiadas, para lograr la comparación entre las eficiencias brindadas por el fabricante vs las actuales y a su vez hallar los costos operacionales de las mismas, ya que fue imposible obtener esta información.

7. Referencias bibliográficas

ALIDE. (2018, junio 19). ALIDE. <https://www.alide.org.pe/la-importancia-de-la-eficiencia-energetica/>

Bombas verticales de turbina. (s/f). Sulzer.Com. Recuperado el 27 de mayo de 2022. Tomado de <https://www.sulzer.com/es-es/spain/products/pumps/vertical-pumps/vertical-wet-pit-pumps>

Bombas Verticales Tipo Turbina (VTP) - Neptuno Pumps. (2020, November 10). Neptuno Pumps | Impulsando la Economía Circular; Neptuno Pumps. <https://neptunopumps.com/bombas-verticales-tipo-turbina/>

Bomba centrífuga horizontal de etapa simple con carcasa partida ZW. (n.d.). Ruhrpumpen.com. Retrieved March 7, 2023, from <https://www.ruhrpumpen.com/es/productos/bombas-entre-rodamientos/zw.html>

Bombas SIHI HALBERG S.A. (1993). PRINCIPIOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE BOMBAS CENTRÍFUGAS. Tomado de <https://pdfslide.net/documents/principios-basicos-para-el-diseno-de-instalaciones-de-bombas-centrifugas-55846841b4c73.html?page=1>

Castillo. (2013). Cavitación y bombas Centrífugas. Tomado de: <http://www2.udec.cl/~josefcastillo/cavitacion.pdf>

Chan, N. R. (2016). *Tipos de voluta*. https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chan, N. R. (2016). *Elementos constitutivos de una bomba centrifuga.*

https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chan, N. R. (n.d.). PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LA ESTACION DE AGUA CRUDA DOLORES. Edu.Co. Retrieved March 7, 2023, from https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1

Chan, N. R. (2016). *PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LA ESTACION DE AGUA CRUDA DOLORES.*

https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chan, N. R. (2016). *Tipos de rodete.*

https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chan, N. R. (n.d.). PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LA ESTACION DE AGUA CRUDA DOLORES. Edu.Co. Retrieved March 7, 2023, from https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1

Chan, N. R. (2016). *PROYECTO DE EFICIENCIA ENERGETICA PARA LA ESTACION DE AGUA CRUDA DOLORES.*

https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Chan, N. R. (2016). *Tipos de rodete*.

https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

De agua, B. (2020, abril 8). *Eficiencia energética de las Bombas de Agua*. Tomado de: <https://bombasdagua.es/eficiencia-energetica/>

Duque, F. C. (1993). ACUEDUCTOS teoría y diseño

Evaluación para sistemas de bombeo de agua: Manual de eficiencia energética.

(s/f).

Fidias G. Arias (2012)

Gámez (2015). “Modelación de una red de distribución de agua potable existente para optimizar el consumo de energía”. Universidad del Norte. Barranquilla, Colombia.

Tomado de:

<http://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/9031/124226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hydraulic institute & Europump 2000, OIT

INEXA, Ingeniería y Exportación de Tecnología S.L. (2009). DETERIORO EN EL RENDIMIENTO DE LAS BOMBAS Y SU PREVENCIÓN

Ingeniería, M. S. (2018, June 7). *Introducción a los Impulsores*. MS Soluciones en Ingeniería. <https://www.ms-ingenieria.com.mx/ingenieria-mecanica/introduccion-a-los-impulsores/>

Joe Evans, P. (s.f.). Best Efficiency Point and Best Operation Point.

Kaya, D. (2008). Energy efficient in pumps.

Renedo, P. y. (2002). Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas

Rivera (2016). "Proyecto de eficiencia energética para la estación de agua cruda dolores". Universidad de Cartagena. Cartagena de indias D. T. Y C, Colombia. Tomado de: https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/3721/TG_Norelis%20Rivera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ruhrpumpen GmbH Wende & Hentschel. (2023). *Bomba horizontal con carcasa partida ZW*. <https://www.ruhrpumpen.com/es/productos/bombas-entre-rodamientos/zw.html>

Marchegiani. (2004). Bombas Centrífugas.

(S/f). Quiminet.com. Recuperado el 27 de mayo de 2022, de <https://www.quiminet.com/articulos/las-bombas-centrifugas-con-el-impulsor-cerrado-26862.htm>

Tamayo y Tamayo (2006)

ANEXOS

Anexo 1. Tablero de control estación LAS LOMAS

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto

Anexo 2. Bomba 1 estación LOMAS

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto

Anexo 3. Bomba 2 estación LOMAS

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto

Anexo 4. Bomba 3 estación LAS LOMAS

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto

Anexo 5. Tablero de control estación ATALAYA

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto

Anexo 6. Sistema de bombeo estación ATALAYA

Fuente: Fotografía tomada por el autor del proyecto.