

**DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL SISTEMA
ELÉCTRICO EN ALTA Y MEDIA TENSIÓN EXISTENTE EN LA ESTACIÓN DE
BOMBEO BOSCONIA, PROPIEDAD DEL amb S.A. E.S.P.**

FRAY SEBASTIÁN GUTIÉRREZ ORDOÑEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2020

**DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL SISTEMA
ELÉCTRICO EN ALTA Y MEDIA TENSIÓN EXISTENTE EN LA ESTACIÓN DE
BOMBEO BOSCONIA, PROPIEDAD DEL amb S.A. E.S.P.**

FRAY SEBASTIÁN GUTIÉRREZ ORDOÑEZ

**Trabajo de grado en modalidad práctica empresarial para optar el título de
Ingeniero Electricista**

Director

GILBERTO CARRILLO CAIDO

Doctor en Ingeniería Industrial

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECHANICAS
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA**

2020

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	9
1. OBJETIVOS	10
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA	11
2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO	13
2.1.1. Subestación eléctrica 115 kV	13
2.1.2. Casa de máquinas.	15
2.2. IDENTIFICACIÓN DE MANIOBRAS.....	17
2.2.1. Observación directa.	18
2.2.2. Encuestas al personal operativo.	19
2.2.3. Revisión de documentos operativos.	20
2.3. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL	21
2.3.1. Documentos relacionados con disposiciones legales.....	21
2.3.2. Documentos relacionados con manuales de operación.	21
2.3.3. Documentos relacionados con consignas operativas.....	22
3. DESARROLLO DEL PROYECTO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL	25
3.1. MANUAL DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA.....	25
3.1.1. Estructura del manual.	25
3.1.1.1. Formato para la presentación del manual	25
3.1.2. Contenido del manual de operación.....	28
3.1.2.1. Principios relacionados con la operación	28
3.1.2.2. Procedimiento operativo en la subestación eléctrica.....	29
3.1.2.3. Procedimiento operativo en casa de máquinas	33
3.2 CONSIGNAS OPERATIVAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA ..	36
3.2.1. Estructura de las consignas de operación.....	36

3.2.1.1. Formato para la presentación de una consigna operativa	37
3.2.2. Consigna operativa de la subestación eléctrica.	39
3.2.3. Consigna operativa de la casa máquinas.....	40
4. RESULTADOS DEL PROYECTO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL.....	41
5. CONCLUSIONES	43
6. RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA.....	45

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen de documentos elaborados.....	42

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Subestación eléctrica 115 kV. Estación de bombeo Bosconia	13
Figura 2. Casa de máquinas. Estación de bombeo Bosconia	15
Figura 3. Tableros de supervisión y celdas de potencia. Estación de bombeo Bosconia.....	17
Figura 4. Tablero principal de subestación 115 kV. Estación de bombeo Bosconia	19
Figura 5. Formato del manual de operación.....	27
Figura 6. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 1.	30
Figura 7. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 2.	31
Figura 8. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 3.	32
Figura 9. Procedimiento operativo en la casa de máquinas. Parte 1.....	34
Figura 10. Procedimiento operativo en la casa de máquinas. Parte 2.....	35
Figura 11. Encabezado de la consigna de operación.....	37
Figura 12. Pie de página de la consigna de operación.....	38
Figura 13. Cuerpo de la consigna operativa	38
Figura 14. Consigna operativa de la subestación eléctrica	39
Figura 15. Consigna de la casa de máquinas	40

RESUMEN

TÍTULO: DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA EL SISTEMA ELÉCTRICO EN ALTA Y MEDIA TENSIÓN EXISTENTE EN LA ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA, PROPIEDAD DEL amb S.A. E.S.P.*

AUTOR: FRAY SEBASTIAN GUTIERREZ ORDOÑEZ**

PALABRAS CLAVE: PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS, SISTEMA ELÉCTRICO, ESTACIÓN DE BOMBEO, MANUAL DE OPERACIÓN, CONSIGNA OPERATIVA.

DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado en modalidad de práctica empresarial tiene como objetivo brindar a la estación de bombeo ubicada en la planta de tratamiento Bosconia, propiedad del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (amb S.A. E.S.P.) un manual de operación y consignas operativas a modo de guía que indica al operador la comprensión y aplicación de los procedimientos operativos del sistema, para la ejecución de maniobras y demás prácticas que garanticen una forma segura y confiable para realizar el trabajo.

En la construcción del manual de operación y consignas operativas se tuvieron en cuenta, identificación de maniobras, bibliografía recopilada, fichas técnicas, experiencia del personal operativo, y documentos asociados a las labores de operación. Las consignas de operación, al igual que el manual serán documentos técnicos enfocados solo a los equipos de la subestación eléctrica y casa de máquinas con la que cuenta actualmente la estación de bombeo que brindará al personal operativo una herramienta útil en sus prácticas de operación diarias.

Con el presente proyecto se pretende brindar a la estación de bombeo Bosconia documentos que sirvan como una guía al personal que trabaja en la actualidad en operaciones en la subestación eléctrica y casa de máquinas de la estación de bombeo, y para el entrenamiento de futuros trabajadores en esta área de la empresa.

* Trabajo de grado

** Facultad de ciencias físico-mecánicas. Escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y telecomunicaciones.
Director: Gilberto Carrillo Caicedo – Doctor ingeniero industrial. Tutor: Jairo Fabian Jaimes Rojas – Master en ingeniería eléctrica

ABSTRACT

TITLE: DEVELOPMENT OF OPERATIONAL PROCEDURES FOR THE HIGH AND MEDIUM VOLTAGE ELECTRICAL SYSTEM EXISTING IN THE BOSCONIA PUMPING STATION, PROPERTY OF amb S.A. E.S.P.*

AUTHOR: FRAY SEBASTIAN GUTIERREZ ORDOÑEZ**

KEY WORDS: OPERATING PROCEDURES, ELECTRICAL SYSTEM, PUMPING STATION, OPERATION MANUAL, OPERATIONAL SETTING.

DESCRIPTION:

The present degree work in business practice modality has a purpose to provide the pumping station located in the Bosconia treatment plant, property of the Bucaramanga Metropolitan aqueduct (amb S.A ESP) an operation manual and operational instructions as a guide that indicates to the operator the understanding and application of the operating procedures of the system, for the execution of shunting and other practices that guarantee a safe and reliable way to carry out the work.

In the construction of the operation manual and operating instructions was taken into account the identification of shunting, compiled bibliography, technical sheets, experience of the operating personnel, and documents associated with the operation tasks. The operating instructions, as well as the manual, will be technical documents focused only on the equipment of the electrical substation and powerhouse that the pumping station currently has, which will provide operating personnel with a useful tool in their daily operating practices.

With this project aims to provide the Bosconia pumping station with documents that serve as a guide to the personnel currently working in operations at the electrical substation and machine house of the pumping station, and for the training of future workers in this area of the company.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanics. School of Electrical, Electronic and Telecommunications Engineering. Director: Gilberto Carrillo Caicedo - Doctor of Industrial Engineering. Tutor: Jairo Fabian Jaimes Rojas - Master in Electrical Engineering

INTRODUCCIÓN

La estación de bombeo José Oscar Serrano Valero, ubicada en la planta de tratamiento Bosconia, propiedad del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (**amb** S.A. E.S.P.), se utiliza para abastecer de agua potable al 35 % de la población del área metropolitana de Bucaramanga a través del suministro por bombeo desde la planta de tratamiento Bosconia hasta los tanques Estadio y Morrórico. Para tal fin se utilizan alternadamente cuatro (4) motores de inducción de 5000 hp acoplados a bombas centrífugas de 700 lps, alimentados a 4,16 kV. Para el suministro de energía de estas máquinas, el **amb** S.A. E.S.P. dispone de una subestación eléctrica de 115/4,16 kV, 16 MVA alimentada por la línea Palos-Floridablanca.

Para garantizar la ejecución segura de las maniobras para el sistema eléctrico en alta (115 Kv) y media tensión (4,16 kV) de la estación de bombeo, la empresa debe contar con procedimientos de operación documentados en un plan de trabajo definido.

En dicha estación (subestación eléctrica y casa de máquinas) es donde se desarrolla el proyecto de grado como modalidad de práctica empresarial, con el fin de satisfacer la necesidad de desarrollar los procedimientos operativos (manual de operación y consignas de operación) en los equipos eléctricos de alta (115 kV) y media tensión (4,16 kV) garantizando seguridad y confiabilidad para los operadores, los equipos y las instalaciones.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar los procedimientos operativos en alta (115 kV) y media tensión (4,16 kV) de la subestación eléctrica y casa de máquinas de la estación de bombeo Bosconia, siguiendo pautas de seguridad en los equipos, las instalaciones y las personas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar procesos de maniobra en la subestación eléctrica y la casa de máquinas de la estación de bombeo Bosconia del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.
- Implementar un manual de operación para la subestación eléctrica y la casa de máquinas de la estación de bombeo del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.
- Desarrollar las consignas de operación para la subestación eléctrica y la casa de máquinas en alta y media tensión.

2. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS PARA LA ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA

El desarrollo del manual de operación y los procedimientos documentados a modo consigna operativa se hacen necesarios para dar cumplimiento con lo estipulado en el artículo 9º, párrafo a, y el artículo 19º, párrafo a, de la resolución 1348 de 2009, recientemente reemplazada por la resolución 5018 de 2019.

“La empresa debe establecer guías y procedimientos para la operación de sus equipos, así como para la realización de mediciones, pruebas, verificaciones y ensayo de estos”¹.

“Toda actividad de mantenimiento preventivo y correctivo y ejecución de toda maniobra de operación, debe tener un procedimiento. Estos procedimientos podrán verificarse a modo de guía para el personal que interviene las instalaciones y los equipos”².

Hoy en día los operadores de la estación de bombeo deben contar con los documentos guía actualizados que detalle las maniobras que realizan a diario de forma correcta debido a que actualmente no se ha realizado un análisis de las distintas operaciones que llevan a cabo.

Los fabricantes de cada equipo con los que cuentan la subestación eléctrica y la casa de máquinas entregaron un manual de manejo y mantenimiento; sin embargo, se requiere de un documento que considere todos los equipos en conjunto y de indicaciones precisas al personal operativo sobre cada maniobra a

¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. “Reglamento de salud ocupacional en los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en las empresas del sector eléctrico”, Resolución 1348 de 2009, 2009

² Ibid.

realizar. El manual de operación debe contener las instrucciones necesarias para efectuar maniobras en normalidad operativa.

Es de suma importancia destacar que un buen manual de operación implica poder detallar las actividades a seguir de un determinado proceso, el actual manual cuenta con poca información del desarrollo de las operaciones y maniobras a efectuarse dentro de la estación, no proporciona la información completa y necesaria de los procedimientos para realizar las maniobras, causando posibles y potenciales riesgos laborales para el personal nuevo, inadecuada coordinación de métodos de trabajo, maniobras incorrectas de los equipos de patio y casa de máquinas y desconocimiento de la instrumentación utilizada para las diferentes operaciones, por ende no contempla la seguridad, la integridad física y la correcta operación del sistema de bombeo.

El beneficio de desarrollar un nuevo manual de operación es múltiple, pero su principal necesidad en su elaboración es que apoya en la inducción al puesto de operador, adiestramiento y capacitación del personal operativo en virtud que se describen las actividades en un documento físico que deben desarrollarse de forma precisa y didáctica.

Haciendo una revisión de los documentos asociados a la operación y siguiendo las instrucciones del jefe de división electromecánica de la empresa se encontró indispensable desarrollar consignas operativas para que el operador de la estación realice maniobras de forma segura, cumpliendo una secuencia ordenada de actividades.

Una consigna de operación es una instrucción operativa escrita que se entrega al personal operativo, necesaria para la operación segura y confiable del sistema.³

2.1. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

La estación de bombeo está ubicada dentro de la planta Bosconia, localizada en la vía que conduce de Bucaramanga, al municipio de Matanza, al Nororiente de la ciudad, y está compuesta por dos partes, subestación eléctrica y casa de máquinas. Estas se describen a continuación:

2.1.1. Subestación eléctrica 115 kV

Figura 1. Subestación eléctrica 115 kV. Estación de bombeo Bosconia



Fuente. Fotografía tomada por el autor de esta práctica empresarial. 2020 en la S/E de la estación de bombeo Bosconia

³ EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. y compañía de electricidad de Tuluá E.S.P., “Manual de operación para el sistema eléctrico atendido por EPSA y CETSIA”, oficina técnica de operación y gestión de energía EPSA, 2012

La subestación eléctrica de la estación de bombeo cuenta con un patio de 115 kV, tiene una configuración barra sencilla y cuenta con dos (2) unidades de transformación de potencia. Tiene como finalidad realizar el proceso de transformación de tensión de 115 kV (alta tensión) a 4,16 kV (media tensión).

El patio de 115 kV se alimenta a través de la línea Palos - Florida (interconexión entre las subestaciones Palos y Florida) por medio del seccionador de línea (3Q1), el mismo seccionador permite la entrada de tensión al barraje principal.

Los seccionadores de barra (2Q1) y los disyuntores de potencia (2Q0) permiten energizar el transformador T2 y los seccionadores de barra (1Q1) y los disyuntores de potencia (1Q0) permiten energizar el transformador T1, estos transformadores son reductores, reciben tensión de 115 kV en el devanado primario reduciendo a 4,16 kV en el devanado secundario.

En el cuarto de control se tienen las celdas EM-07 y EM-11 como entrada del transformador 2 (T2) y transformador 1 (T1) respectivamente. Los interruptores de media tensión instalados en estas celdas permiten energizar las semibarras de 4,16 kV que tienen la posibilidad de conectarse por medio de la celda de acople EM-09.

El tablero de operación remota de los equipos de maniobra de la subestación se encuentra dentro del cuarto de control, en el mismo pasillo donde están ubicados los tableros de supervisión y las celdas de potencia con los que se controlan y conectan las cargas de media tensión del barraje de 4,16 kV.

2.1.2. Casa de máquinas. La estación de bombeo cuenta con una casa de máquinas (figura) que se integra por un conjunto de cuatro (4) unidades de bombeo con una capacidad de 700 [L/s] cada una. En condiciones críticas pueden operar máximo tres (3) bombas en paralelo, entregando un caudal aproximado de 2000 [L/s] con una altura dinámica total de 396 [m]. Una cuarta bomba permanece como reserva.

Figura 2. Casa de máquinas. Estación de bombeo Bosconia



Fuente: Fotografía tomada por el autor de esta práctica empresarial. 2020 en la casa de máquinas de la estación de bombeo Bosconia

Las bombas centrifugas que contiene la casa de máquinas convierten la energía mecánica que proviene del motor eléctrico, a otra energía de tipo hidráulica que permite que el agua potable sea bombeada por un aumento de presión y velocidad.

Para llevar a cabo todo el proceso de succión e impulsión el conjunto motor-bomba necesita de otros componentes para su óptimo funcionamiento. Todo empieza con un arranque a corriente y tensión reducida por medio de un autotransformador, que transcurridos alrededor de 10 segundos el motor se conecta directamente al barraje de 4,16 kV haciendo girar el eje motriz del motor acoplado al eje de la bomba centrífuga, cumpliendo la función de succionar agua potable del tanque de almacenamiento Bosconia. En el mismo momento que el motor está haciendo su proceso de arranque suave, una electroválvula está permitiendo el paso de agua lentamente hasta abrir por completo la válvula. En la parte de succión, se encuentra una válvula tipo mariposa de operación manual, seguidamente el líquido entra a la bomba por medio de una tubería de doble succión. En el proceso de impulsión, el agua se encuentra con la tubería que disminuye la presión del líquido, luego pasa a una junta de dilatación de fuelle metálico que permite desplazamientos relativos entre sus extremos sin entrar en deformaciones, en seguida pasa por una válvula de retención o cheque que permite el flujo del agua en un solo sentido, después se encuentra con la electroválvula, esta permite su operación local o remota desde los tableros de supervisión y control, posteriormente se encuentra la válvula de guarda ubicada en la tubería de impulsión con accionamiento automático por medio de un actuador que se ubica en la parte superior, y finalmente el agua fluye hasta los tanques Estadio y Morrónico.

También contiene las celdas (EM-17, EM-18, EM-19) que constituyen el conjunto de alimentación del motor de la unidad 1 de bombeo, las celdas (EM-14, EM-15, EM-16) constituyen el conjunto de alimentación del motor de la unidad 2 de bombeo, las celdas (EM-02, EM-03, EM-04) constituyen el conjunto de alimentación del motor de la unidad 3 de bombeo, las celdas (EM-20, EM-21, EM-22) constituyen el conjunto de alimentación del motor de la unidad 4 de bombeo. Las celdas EM-13 y EM-05 alimentan a los transformadores de servicios auxiliares 1 y 2 respectivamente. Por medio de las celdas EM-08 y EM-10 se conectan los

transformadores de tensión al barraje de 4,16 kV. La celda EM-12 es destinada a la alimentación 1 (planta de tratamiento de agua).

Figura 3. Tableros de supervisión y celdas de potencia. Estación de bombeo Bosconia



Fuente: Fotografía tomada por el autor de esta práctica empresarial. 2020 en el cuarto de control de la estación de bombeo Bosconia

2.2. IDENTIFICACIÓN DE MANIOBRAS

La visita en sitio cumpliendo condiciones fijadas por la empresa, permitió identificar las maniobras que realizaba el personal operativo de la estación de bombeo. La identificación se realizó por tres métodos: Observación directa, encuestas y revisión de documentos operativos.

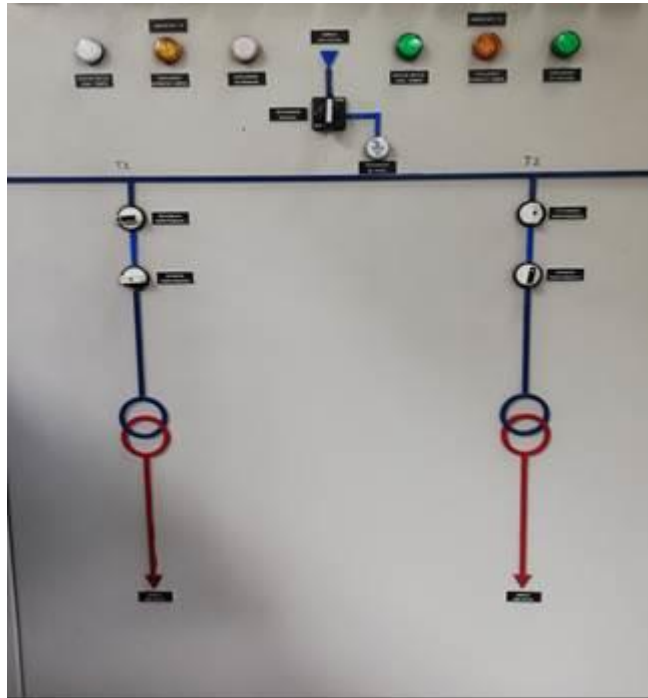
2.2.1. Observación directa. Para identificar maniobras fue fundamental realizar un acompañamiento al personal operativo, sin comprometer alguna acción o el óptimo funcionamiento del sistema de bombeo. La observación permitió también adquirir datos necesarios para cumplir con el propósito del objetivo principal de la práctica empresarial.

Durante el tiempo de presencialidad en la estación se reconoció su funcionamiento y los elementos de instrumentación necesarios para la operación de los equipos del sistema.

Para realizar las maniobras de los equipos de patio de la subestación como seccionadores y disyuntores la estación cuenta con un tablero de instrumentación (figura 2) donde los operadores pueden ejecutar las diferentes tareas de operación a distancia sin exponerse en el patio de equipos.

Dentro de la casa máquinas también se encuentra el cuarto de control desde donde se realizan todas las maniobras operativas para la supervisión y control de las unidades de bombeo. En dicho cuarto también se encuentra el tablero de operación de la subestación.

Figura 4. Tablero principal de subestación 115 kV. Estación de bombeo Bosconia



Fuente: Fotografía tomada por el autor de esta práctica empresarial. 2020 en el cuarto de control de la estación de bombeo Bosconia

2.2.2. Encuestas al personal operativo. Durante el desarrollo del proyecto, los operadores y el personal de mantenimiento brindaron constante asesoría acorde con su experiencia.

El recurso básico del manual de operación y las consignas operativas es el operador, debido a que debe conocer las características y a la ubicación de los equipos de la subestación y casa de máquinas, y es quien deberá ejecutar las acciones establecidas en los documentos desarrollados para la estación de bombeo.

Unos de los métodos fundamentales para cumplir con los objetivos de la práctica fue la recopilación de información a los operadores de la estación, encargados de los procedimientos operativos, consultando a cada uno sus actividades para deducir el correcto orden de las operaciones ya que ellos por sus años de experiencia en la empresa conocen a cabalidad el funcionamiento de las instalaciones.

2.2.3. Revisión de documentos operativos. Para poder documentar los procedimientos a modo consigna operativa fue necesario implementar un nuevo manual de operación teniendo en cuenta que el manual actual carecía de contenido con una visión clara de las funciones del operador y sin tener en cuenta la seguridad eléctrica, su elaboración fue en el 2009 sin tener una actualización reciente.

Al analizar el actual manual de procedimientos operativos de la estación de bombeo Bosconia se identificaron falencias en el orden de procedimientos de maniobras y control, además se revisó en la bitácora las maniobras que han sido solicitadas y se verificó las respuestas que el operador ha generado.

La estación no contaba con documentación física que garantizara seguridad para los operadores al momento de realizar alguna maniobra en los equipos de la subestación y casa de máquinas, por lo que se hace necesario desarrollar las consignas operativas para los procedimientos más importantes del sistema de bombeo.

2.3. INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Para documentar el manual de operación y las consignas operativas fue necesario utilizar diversos tipos de fuentes para obtener información de como estructurar los documentos, tales como: libros, manuales, internet y proyectos de grado

2.3.1. Documentos relacionados con disposiciones legales. Para crear un ambiente de trabajo seguro en donde se labore con condiciones seguras de operación y el operador se sienta en confianza con las maniobras que realiza, es necesario tener en cuenta las algunas normas que rigen los procedimientos seguros.

Una de esas normas corresponde a la NTP 560. La NTP son guías de buenas prácticas. Sus indicaciones no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. Esta NTP se centra en la elaboración de instrucciones de trabajo, muy aconsejables para llevar cabo una correcta planificación preventiva en el desarrollo de tareas críticas.⁴

La NTP se tuvo en en cuenta en el desarrollo de procedimientos operativos del proyecto de grado al momento de redactar el manual de operación y las consignas operativas.

2.3.2. Documentos relacionados con manuales de operación. En total se revisaron 3 manuales de operación:

- Manual de operación Subestación Alpachaca 69 kV – Ecuador

⁴ MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA, “NTP 560: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo.”, 2000

Este manual contiene los procedimientos operativos en materia de coordinación, supervisión y control del sistema atendido por el operador de la subestación para la ejecución de maniobras, coordinación de consignas y demás prácticas que garantizaran el óptimo desempeño de todos los equipos.⁵

- Manual de operación EPSA – Colombia

Este manual recopila los criterios generales que se deben tener en cuenta para garantizar la correcta operación del sistema eléctrico atendido por la EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. E.S.P. (EPSA) y la COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULÚA E.S.P (CETSA)⁶.

- Manual de procedimientos seguros en subestaciones EBSA – Colombia

Este manual aplica a todas las personas naturales o jurídicas vinculadas con la EBSA (trabajadores directos, trabajadores con contrato de aprendizaje, estudiantes en práctica, trabajadores asociados, trabajadores temporales, empresas contratistas y subcontratistas), cuya operación esté relacionada directamente con los trabajos en operaciones de subestaciones.⁷

2.3.3. Documentos relacionados con consignas operativas. Para diseñar las consignas operativas de la estación de bombeo Bosconia fue necesario tomar como base diversos criterios de consignas estrictamente de operación de algunos proyectos de grado. Los proyectos fueron:

- Desarrollo del plan de contingencia para falla de equipos de las subestaciones banadia, caño limón y palos propiedad de interconexión eléctrica S.A. E.S.P. isa – cte oriente

⁵ EMEL NORTE, “Manual de operación subestación Alpachaca 69 kV”, 2013

⁶ EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. Y COMPAÑÍA DE ELECTRICIDAD DE TULÚA E.S.P. Óp. Cit.

⁷ EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A., “Manual de procedimientos seguros en subestaciones”, 2008

El objetivo de este proyecto fue el de realizar el plan de contingencia que permitiera agilizar la respuesta en caso de contingencia de elementos de las subestaciones Banadía, Caño Limón y los Palos.⁸

De este proyecto se tuvo en cuenta un ejemplo de consigna operativa de la subestación los Palos, donde se analizó y se implementó la información más valiosa sobre su estructura.

- Diseño y actualización de consignas de operación y falla de las subestaciones del Cte centro

El objetivo principal del proyecto fue presentar un manual para las Subestaciones eléctricas del CTE CENTRO en el cual se especifica de manera detallada como se debe proceder ante eventos como fallas, mantenimientos y daños; de acuerdo con la normatividad del RETIE.⁹

Se tomo como ejemplo el formato de consigna operativa desarrollado en este proyecto ya que cumplía con la estructura deseada para el diseño de las consignas operativas de la estación.

- Operación y control de subestaciones según diagrama de bloques

Este proyecto se realizó como un compendio para la cátedra de subestaciones, ya que el año en que se hizo el estudio se hacía poco énfasis en la preparación del profesional de ingeniería eléctrica¹⁰.

⁸ GUTIÉRREZ BAUTISTA, Lany; NINO RUEDA, Jairo. “Desarrollo del plan de contingencia para falla de equipos de las subestaciones Banadía, cano limón y palos propiedad de interconexión eléctrica S.A. E.S.P. ISA - CTE ORIENTE”, tesis (ingeniero electricista) - UIS. escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones, 2001

⁹ LÓPEZ SICUA, Johan Sebastián. “Diseño y actualización de las consignas de operación y de falla de las subestaciones del Cte Centro”, tesis (ingeniero eléctrico), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de ingeniería, ingeniería eléctrica, 2019

¹⁰ GÓMEZ, Edgar Julio; PALENCIA BUITRAGO, Henry. “Operación y control de subestaciones según diagrama de bloques”, tesis (ingeniero electricista) - UIS. escuela de ingeniería eléctrica, 1983

Al hacer un dictamen sobre los posibles criterios más importantes en este proyecto, se encontró que la filosofía de diagrama de bloques para operación y control no era una técnica factible para el diseño de las consignas operativas de la estación, pero fue de gran ayuda para definir algunas maniobras.

3. DESARROLLO DEL PROYECTO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos en la práctica empresarial, en beneficio de la empresa **amb** S.A. E.S.P., siendo esta sección la más importante del libro debido a que contiene el desarrollo de los procedimientos operativos para la estación de bombeo Bosconia.

Se ilustran algunos procedimientos del manual de operación y las consignas operativas que serán evidencia de la ejecución y desarrollo del proyecto de la práctica empresarial.

3.1. MANUAL DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA

El manual de operación está enfocado sólo a los equipos de la subestación eléctrica y casa de máquinas que cumplen con el correcto funcionamiento del sistema de bombeo, y recaba toda la información técnica que conllevan a procedimientos seguros.

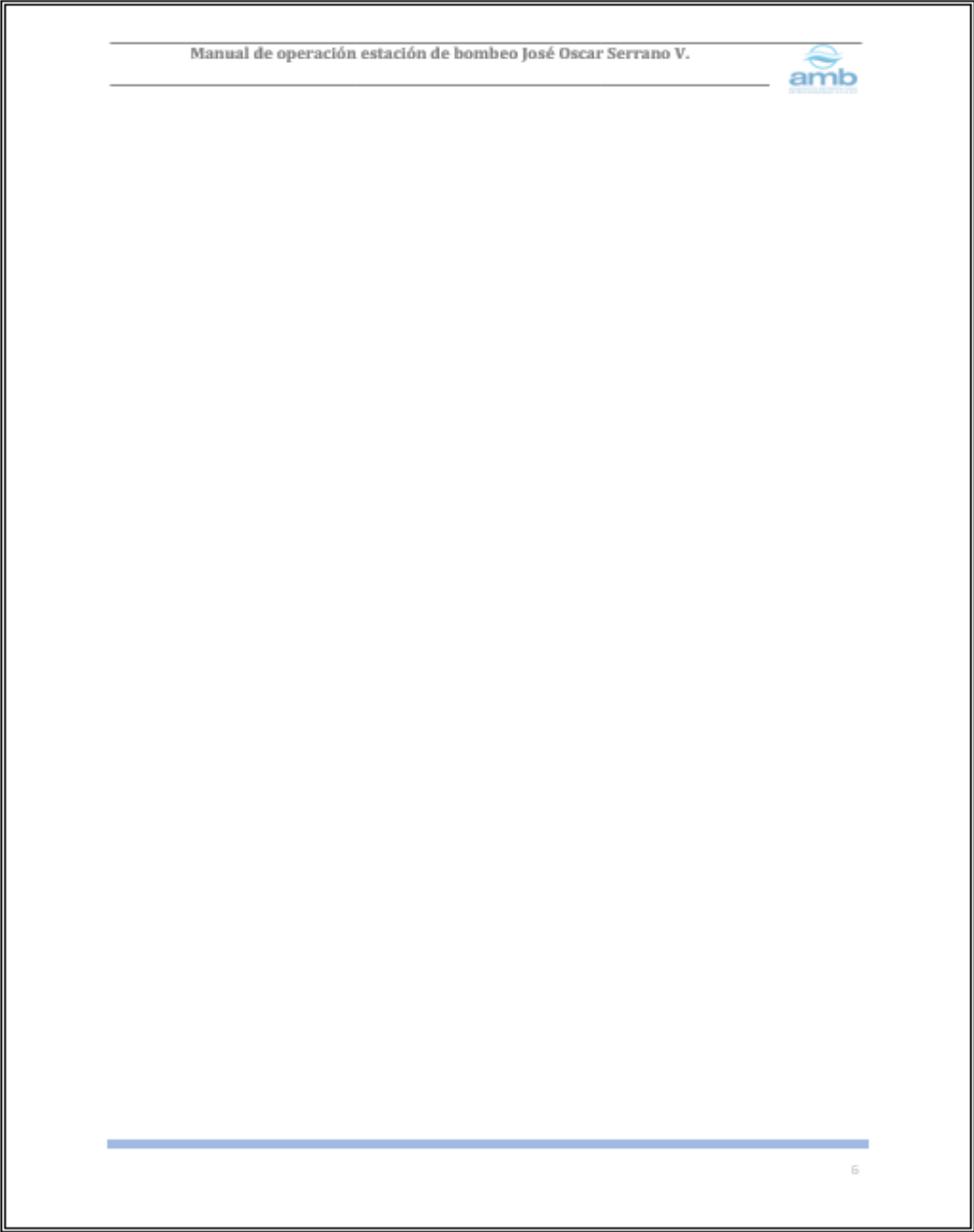
3.1.1. Estructura del manual. Para definir la estructura del manual fue necesario hacerlo de la forma más sencilla, visual y amigable posible con respecto a la información concisa que requiera el operador para realizar las maniobras.

3.1.1.1. Formato para la presentación del manual: El idioma utilizado en el manual es español, el texto se presentó en tipo de letra Sans tamaño 13 color negro, los títulos en Sans tamaño 16 en negrilla color azul, los subtítulos en Sans tamaño 13 color azul y la pagina se utilizo en orientación vertical.

El encabezado contiene el nombre del manual y el logotipo vigente de la empresa **amb** S.A. E.S.P. El pie de página incluye el número de página del manual. En la figura 5 se ilustra el encabezado y el pie de pagina del formato del manual.

En el año 2019 la empresa **amb** S.A. E.S.P, cambió el nombre de la estación de bombeo a JOSÉ OSCAR SERRANO VALERO, en conmemoración del tecnólogo en mantenimiento eléctrico de la estación, que falleció en el mismo año. Es por esto por lo que el manual de operación y las consignas operativas llevan el nuevo nombre.

Figura 5. Formato del manual de operación



Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial

3.1.2. Contenido del manual de operación. En el contenido principal del manual se especifican los principios relacionados con la operación, las condiciones preliminares y maniobras de operación necesarias en los equipos de las subestación y casa de máquinas para el correcto funcionamiento del sistema de bombeo.

El manual esta organizado de tal forma que sea una guía con instrucciones específicas y recomendaciones de como operar la estación de bombeo Bosconia. El usuario de este documento deberá hacer una lectura del contenido para familiarizarse con el mismo, estudiar cada aspecto del contenido, de modo que pueda concebir claramente los conceptos y procedimientos planteados

A continuación, se muestra parte del contenido del manual. Esto se hace para no hacer extenso este documento.

3.1.2.1. Principios relacionados con la operación: Teniendo en cuenta las labores y condiciones que exige la estación de bombeo, cualquier trabajo conlleva a la exposición de altos niveles de riesgo, por lo que se debe disponer de un recurso humano con experiencia, entrenamiento y conocimiento para la ejecución de las maniobras operativas, además de hacer uso de medios y tácticas que garantizan la seguridad eléctrica y minimicen la exposición al riesgo y protejan la vida de los trabajadores, equipos e instalaciones.

El operador debe tener en cuenta algunos principios antes de realizar cualquier maniobra operativa en la estación de bombeo, como respetar las obligaciones de trabajador en una zona de alto riesgo eléctrico, debe tener en cuenta el orden de prioridades en la operación, estar capacitado en prevención de accidentes y como aplicar medidas correctivas en caso de que alguno se presente, conocer las reglas de oro y aplicarlas correctamente, estar al tanto del estado operativo del los equipos y sus márgenes normales de operación.

Todos los principios anteriormente mencionados se encuentran en el manual de operación debidamente especificados para su estricto cumplimiento por el personal operativo, esto con el fin de mitigar accidentalidad en la ejecución de maniobras operativas.


3.1.2.2. Procedimiento operativo en la subestación eléctrica: El procedimiento operativo que se mostrará a continuación fue desarrollado durante la práctica empresarial y se encuentra en la numeral 6.4 del manual de operación “José Oscar Serrano Valero”, en la sección de procedimientos de la subestación eléctrica.

Este procedimiento lo deberá ejecutar esencialmente el operador de turno de la estación. Antes de realizar cualquier maniobra el operador debe leer y entender el procedimiento requerido a ejecutar en el manual, teniendo en cuenta los principios relacionados con la operación, una vez tuvo claras las acciones a realizar, este debe usar la consigna operativa adecuada para complementar un procedimiento seguro.

En las figuras 7, 8 y 9 se muestra el procedimiento operativo completo con detalles para desenergizar cualquiera de las dos bahías de transformador en la subestación.

Figura 6. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 1.

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Sotomayor V.



6.4. PROCEDIMIENTO PARA DESENERGIZAR LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA


Cuando sea necesario el proceso de desenergización de todo el sistema de bombeo es indispensable comenzar por desconectar todos los interruptores principales de media tensión en la casa de control, como así un conjunto de interruptores de media tensión de los equipos motrices de la casa de máquinas, interruptor de media tensión de la alimentación que va a hacia la planta de tratamiento, el del transformador auxiliar que está en servicio, el del banco de capacitores del barraje de 4.16 [kV] y el de la acometida asociada al transformador principal, esto quiere decir que el transformador de potencia no está tomando carga por el lado de baja tensión.


ANTES DE INICIAR CUALQUIER MANIOBRA DE DESENERGIZACIÓN DE LA SUBESTACIÓN (OPERACIÓN DE APERTURA Y/O CORTE DE ENERGÍA DE INTERRUPTORES DE POTENCIA Y SECCIONADORES) SE DEBEN TENER EN CUENTA LOS PRINCIPIOS RELACIONADOS CON LA OPERACIÓN (NUMERAL 5.4) Y SEGUIR LOS PASOS 1 A 7 QUE SE DESCRIBEN A CONTINUACIÓN:

PASO 1: Encender la planta de Emergencia

- Diríjase al patio de la subestación y ubique el cuarto de la planta de emergencia.
- Tener la ubicación del panel de control del grupo electrógeno.
- Tenga en cuenta que este equipo viene programado para ejecutar en modo manual la operación de arranque y apagado.
- Oprima el botón de encendido del panel (figura 14) que se encuentra en la parte superior del generador eléctrico y visualice en el display que exista tensión en las tres (3) fases.

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Sotomayor V.





1. Botón encendido
2. Botón automático
3. Botón apagado
4. Seguro (abrir o cerrar panel)

Figura 14. Panel de control. Planta de emergencia

- Suba el interruptor marcado en rojo que se encuentra en el tablero (figura 15) dentro del cuarto de la planta de emergencia.





Figura 15. Tablero de control. Planta de emergencia.


Manual de operación estación de bombeo José Oscar Sotomayor V.



PASO 2: Apagado de las unidades de bombeo y equipos en funcionamiento en la casa de máquinas (Revisar numeral 7.4 - CASA DE MÁQUINAS).

PASO 3: Desconexión de la línea de alimentación de 4.16 kV que se dirige hacia la planta de tratamiento.

- Coordinar con el operador de planta de tratamiento la desconexión de la línea.
- Diríjase a la sección de celdas de control o tableros de supervisión.
- Ubique la celda TS4-ALIMENTACIÓN-1 y cóctrese en el sistema de control del tablero.
- Gire el selector en sentido contrario a las manecillas del reloj (figura 16) aproximadamente 45 grados hasta que se apague el bombillo indicador supervisión circuito de disparo.




1. SELECTOR (ABRIR O CERRAR INTERRUPTOR DE MEDIA TENSIÓN)
2. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR FUERA DE SERVICIO
3. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR EN SERVICIO
4. BOMBILLO INDICADOR FUERA TIERRA

Figura 16. Sistema de control celda TS4

- Visualice el analizador de redes del TS4 (figura 17) y verifique que la tensión de línea y la corriente en las fases A, B y C sean cero (0).

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Sotomayor V.







Figura 17. Analizador de red celda TS4

- Por temas de seguridad diríjase a la sección de celdas de potencia y ubique la celda EM12-ALIMENTACIÓN-1. visualice y verifique en el gabinete superior (figura 18) que el bombillo indicador interruptor abierto este encendido.



1. Cortejo para línea (abrir o cerrar gabinete)
2. Cortejo para fase y seccionador a tierra
3. Cortejo para tierra (seccionador a tierra)
4. Indicador seccionador a tierra (seccionado a tierra, verde-desconectado)
5. Bombillo indicador (interruptor abierto)
6. Bombillo indicador (interruptor cerrado)
7. Bombillo indicador (Posición de prueba)
8. Selector (abrir o cerrar el interruptor de media tensión)
9. Selector (mando local = retener)

Figura 18. Gabinete superior. Celda EM12

PASO 4: Desconexión del transformador de servicios auxiliares en trabajo activo

- Ubique la celda [TS9-TRANSFORMADOR AUXILIAR 2 o TS3-TRANSFORMADOR AUXILIAR 1] correspondiente al equipo en funcionamiento.

Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial.

Figura 7. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 2.

Manual de operación subestación de bombas José Oscar Ferreras V.

- Gire el selector en sentido antihorario hasta la posición **ABRIR** (Figura 19) y verifique que el bombillo indicador interruptor en servicio se apague.

1. SELECTOR (ABRIR O CERRAR INTERRUPTOR DE MEDIA TRÁNSITO)
2. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR FUERA DE SERVICIO
3. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR EN SERVICIO
4. BOMBILLO INDICADOR SISTEMA PUESTA TIERRA

Figura 19. Tablero de control de la subestación de bombas.

PASO 5: Realizar Transferencia manual línea 440 V – Planta Diesel

Una vez terminadas las maniobras en el cuarto de planta de emergencia, diríjase a los tableros de servicios generales (situados en la parte trasera de las celdas de control) y ubique la sección de transferencia manual Línea 440V-Diesel (Figura 20).

1. Selector (abrir o cerrar circuito línea 440 V)
2. Círculo para llave (enclavamiento línea 440 V)
3. Interruptor de cierre automática planta Diesel
4. Círculo para levantamiento planta Diesel
5. Amperímetro
6. Selector de fases (Selector de corriente y voltaje)
7. Voltímetro

Figura 20. Tablero de servicios generales.

Manual de operación subestación de bombas José Oscar Ferreras V.

- Accione el enclavamiento del circuito de la línea de 440 V girando la llave en sentido antihorario, y gire el selector 1 hasta el mismo lado.
- Accione el enclavamiento del circuito de la planta de emergencia girando la llave en sentido horario, y gire el selector 3 hacia el mismo lado.

PASO 6: Desconexión del banco de capacitores del barraje de media tensión

- Ubique la celda T30-CAPACITORES-125Kvar (Figura 21).

Figura 21. Foto de la celda de capacitores.

- Gire el selector en sentido antihorario a la posición de apertura (Figura 22), y verifique que el bombillo indicador de supervisión circuito de diéptero se apague.

Manual de operación subestación de bombas José Oscar Ferreras V.

1. SELECTOR (ABRIR O CERRAR INTERRUPTOR DE MEDIA TRÁNSITO)
2. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR FUERA DE SERVICIO
3. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR EN SERVICIO
4. BOMBILLO INDICADOR SISTEMA PUESTA TIERRA

Figura 22. Foto de la celda de capacitores.

Nota: Es importante verificar que todas las cargas hallen sido desconectadas del barraje de 4.16 [kV], a menos las unidades de bombas en trabajo antes de iniciar el paso 7.

PASO 7: Desconexión de la acometida (EM-07 ó EM-11) correspondiente a la circuito energado de la subestación.

- Trasládese a la zona de tableros de supervisión y ubique la celda de control (T13 ó T17) correspondiente a la acometida (EM-07 ó EM-11) del transformador de potencia en servicio.
- Gire el selector en sentido antihorario hasta la posición **ABRIR** (Figura 23) y verifique que el bombillo indicador interruptor en servicio se apague.

Manual de operación subestación de bombas José Oscar Ferreras V.

1. SELECTOR (ABRIR O CERRAR INTERRUPTOR DE MEDIA TRÁNSITO)
2. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR FUERA DE SERVICIO
3. BOMBILLO INDICADOR INTERRUPTOR EN SERVICIO
4. BOMBILLO INDICADOR SISTEMA PUESTA TIERRA

Figura 23. Tablero de control de la subestación de bombas.

Una vez realizados los pasos anteriores de manera segura y haber hecho una inspección visual de los tableros, celdas y equipos desconectados, se procede a trabajar en el tablero principal de la subestación (ilustración 24) ubicado al final del pasillo frontal de los tableros de supervisión.

Nota: En el procedimiento de ejecutar el corte de energía de la subestación, **SIEMPRE** abrir primero el disyuntor que el seccionador.

1. SELECTOR SECCIONADOR PRINCIPAL -PEI
2. INDICADOR PUESTA TIERRA SECCIONADOR PRINCIPAL
3. SELECTOR SECCIONADOR CIRCUITO 1 - 101
4. SELECTOR DISYUNTOR CIRCUITO 1 - 101
5. SELECTOR SECCIONADOR CIRCUITO 2 - 201
6. SELECTOR DISYUNTOR CIRCUITO 2 - 201

Figura 24. Tablero principal de la subestación de bombas.

Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial.

Figura 8. Procedimiento operativo de la subestación. Parte 3.

Manual de operación estación de tensión José Oscar Serrano V.

6.4.1. Pasos para abrir un disyuntor desde el tablero principal de la subestación

- Tener la ubicación del selector correspondiente al disyuntor que se va a realizar la maniobra (selector 4 o 6, figura 24).
- Oprimir y girar el selector (situado en posición vertical) en sentido antihorario hasta llevarlo a estado de alarma.
- Un sonido fuerte será señal que el interruptor se abrió.
- Diríjase al piso de la subestación y verifique que la mirilla de los mandos de los disyuntores esté en color verde (figura 27).

6.4.2. Pasos para abrir los seccionadores desde el tablero principal de la subestación

- Una vez visualizado y verificado que el interruptor se encuentra abierto vuelva al tablero principal de la subestación y proceda a abrir el seccionador asociado al circuito en maniobra, accionando el selector 3 o 5 de la misma forma como se hizo con el selector del interruptor.
- Vuelva al piso de la subestación y verifique que el seccionador cambió de posición cerrado a abierto.
- Ahora ubíquese en la parte posterior del tablero principal de la subestación y localice el selector Interlock (figura 28) marcado en rojo que contiene 4 posiciones.



- posición 0: sin energía
- posición 1: operar seccionador principal
- posición 2: operar sistema puesta tierra
- posición 3: bloqueo sistema puesta tierra

Figura 28. Selector Interlock.

Manual de operación estación de tensión José Oscar Serrano V.

- Se procede a situar el selector Interlock en la posición 1.
- De nuevo en el tablero principal accione el selector 1 girando este en sentido antihorario.
- Verifique que el seccionador principal realizó su apertura correctamente.
- Compruebe en los analizadores de redes del tablero de transformadores (figura 24) que no exista tensión ni corriente en las 3 fases.



Figura 29. Analizadores de redes (3 cables) en estado de potencia.

6.4.3. Activar cuchillas sistema puesta tierra seccionador principal

Para proceder a ejecutar operaciones en las cuchillas de puesta a tierra del seccionador principal, obligatoriamente se debe utilizar el respectivo equipo de protección personal, ya que en estas operaciones involucra la parte humana y solo se realiza de forma manual desde piso de la subestación.

Manual de operación estación de tensión José Oscar Serrano V.

- Tanto el seccionador principal como el seccionador de barra y el interruptor deben estar en la posición abierto.
- Coloque el selector Interlock en la posición 2 para poder operar el mecanismo del sistema puesta tierra.
- Manteniendo el picador que se encuentra en la caja de control, gire la palanca hacia la derecha hasta llegar al tope y verifique que el mecanismo quede suavemente bloqueado.

Completado el último procedimiento (activar sistema puesta tierra del seccionador principal), se procede a informar al operador de red EISA que la subestación fue desconectada.

Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial.

3.1.2.3. Procedimiento operativo en casa de máquinas: En las figuras 10 y 11 se muestra una copia gráfica de uno de los procedimientos desarrollados en la práctica empresarial más importantes para el sistema de bombeo.

Dicho procedimiento es el de dar arranque a las unidades de bombeo y se puede visualizar en el numeral 7.3 de la sección de procedimientos de la casa de máquinas del manual de operación “José Oscar Serrano Valero”.

Para documentar este procedimiento fue necesario hacer un estudio de las maniobras que se realizaban, no sólo bastó con la propia experiencia o buenas prácticas del trabajador, si no también de las recomendaciones del fabricante de cada equipo en cuanto a su operación. Este procedimiento se realiza frecuentemente en la estación de bombeo, por lo que se hace importante hacer un análisis de todas las maniobras preliminares y procedimientos principales que realiza el operador.

Figura 9. Procedimiento operativo en la casa de máquinas. Parte 1.

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Serrano V.

7.3. PROCEDIMIENTO PARA ARRANCAR LAS UNIDADES DE BOMBEO

Para satisfacer la demanda de agua con la que los tanques Estadio y Morrocoño realizan el proceso de distribución a varios puntos del área metropolitana de Bucaramanga es necesario que la estación de bombeo entre en funcionamiento para abastecer dichos tanques.

La división de bombeo debe informar al operador de la estación de bombeo el arranque de una (1) o más unidades, y especificar que unidad debe entrar en operación. Una vez el operador recibió la orden, este debe comunicarse con el operador de la planta de tratamiento para garantizar las condiciones necesarias (nivel del tanque de succión y condiciones fisicoquímicas del agua) para iniciar el bombeo.

Nota: El arranque de la unidad de bombeo solo se debe realizar con las óptimas condiciones de 3 sistemas: Compresores, lubricación y refrigeración.


Antes de dar inicio al arranque de la unidad de bombeo debe seguir los pasos a continuación:

PASO 1: Encender el sistema de compresores

- Diríjase a la casa de máquinas y ubique el tablero de compresores (Figura 49).

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Serrano V.

TC-TABLERO DE COMPRESORES



1. Pulsador de parada
2. Pulsador manual de arranque de la C.O.F
3. Pulsador manual de parada
4. Selector de la operación de C.O.F
5. Indicador estado de compresores (automático)
6. Indicador alarma de compresores (automático)
7. Indicador compresor principal
8. Pulsador arranque de compresor
9. Pulsador parada compresor
10. Selector funcionamiento de compresor
11. Indicador posición manual
12. Selector manual - automático
13. Indicador posición automática

Alarma:

LSHH: Falta de aceite de los bombes por nivel bajo de aceite
 LSHH - Alarme de óleo
 LSHL - Alarme de temperatura de servicio
 LSL - Falta de compresores
 LSL - Nivel bajo de aceite
 LSL.L - Falta de aceite de los bombes por nivel bajo de aceite

Figura 49. Tablero local de compresores


- Para iniciar el sistema de compresores gire el selector 4 en sentido horario.
- Verifique que los indicadores de alarma LSHH y LSL no estén encendidos, de lo contrario la unidad de bombeo no debe arrancarse hasta normalizar los niveles de aceite.
- Ubique el selector 12 en la posición automático y compruebe que los selectores de funcionamiento de cada compresor (selector 10) estén cada uno en su posición específica (Principal - Primera reserva - Segunda reserva).

Nota: Cuando se requieran que las unidades 1 y 4 se pongan en operación, el sistema de refrigeración debe estar en funcionamiento.

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Serrano V.

PASO 2: Encender el sistema de refrigeración por agua

- Tener la ubicación del tablero local de las bombas de refrigeración (Figura 50).



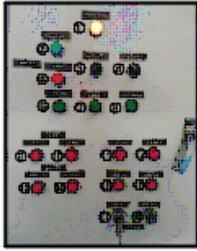
1. Indicador On-Off
2. Indicador bomba 1 en operación
3. Indicador de Alarma bomba 1
4. Indicador bomba 2 en operación
5. Indicador de Alarma bomba 2
6. Selector bomba 1 - bomba 2
7. Pulsador alarma alarma
8. Selector On-Off

Figura 50. Tablero local de bombas de refrigeración.

- Gire el selector 8 hacia la derecha para encender el sistema de refrigeración.
- Con el selector 6 seleccione que bomba desea poner en operación.

Manual de operación estación de bombeo José Oscar Serrano V.

TABLERO LOCAL DE CONTROL SISTEMA DE LUBRICACIÓN



1. Indicador Tablero en servicio
2. Pulsador marcha bomba
3. Selector bomba 1 - bomba 2
4. Selector parada - marcha calibración
5. Pulsador parada bomba
6. Indicador bomba en marcha
7. Indicador bomba de emergencia en marcha
8. Indicador calibración encendido
9. Indicador nivel de aceite bajo
10. Indicador nivel de aceite muy bajo
11. Indicador presión de aceite baja
12. Indicador filtro atascado
13. Indicador temperatura del aceite baja
14. Indicador temperatura del aceite alta
15. Indicador presión de agua baja
16. Indicador defecto motor eléctrico
17. Desbloqueo bomba 1
18. Desbloqueo bomba 2

Figura 51. Tablero local de control sistema de lubricación.

- Verifique que el indicador 1 esté encendido.
- Ubique el selector 4 en la posición marcha.
- Con el selector 3 seleccione la bomba disponible.
- Optima el pulsador 2 para que el sistema de lubricación empiece a trabajar.
- Verifique en las mirillas de las cámaras de los cojinetes del motor eléctrico de la unidad de bombeo que el aceite aumente de nivel.

PASO 4: Verificar que la válvula de guarda se encuentre abierta

- Tener la ubicación del sistema de cierre y apertura de la válvula de guarda correspondiente a la unidad de bombeo que va a entrar en operación (Figura 52).

Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial.

Figura 10. Procedimiento operativo en la casa de máquinas. Parte 2.

MANUAL DE OPERACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO (Jed Oscar Serrano V.)

Figura 52. Actuator: Válvula de guarda.

- Si los bombillos indicadores (rojos y verdes) del actuator se encuentran en rojo, el vástago arriba y la pantalla muestra la imagen de la figura 52, entonces la válvula de guarda se encuentra abierta.
- En caso contrario gire la perilla de color totalmente negro hacia la izquierda.
- Espere hasta que el vástago cambie de posición y alcance la parte más alta.
- Verifique que los bombillos indicadores se encuentren en color rojo y la pantalla del actuator muestre la posición de válvula abierta.

PASO 5. Comprobar el funcionamiento correcto de la electroválvula (válvula de control automático) desde el tablero local de control.

- Tener la ubicación del tablero local de control de la electroválvula (figura 53).

Manual de operación estación de bombeo Jed Oscar Serrano V.

Figura 53. Tablero local de control.

- Verifique que el selector 8 se encuentre en la posición conectado.
- Ubique el selector 7 en la posición local para hacer la prueba.
- El selector 2 debe estar en posición On y la manija que se encuentra en la parte superior de la bomba hidráulica en posición abierta como se muestra en la figura 54.

Figura 54. Bomba hidráulica.

- Proceda a dar marcha a la electroválvula oprimiendo el pulsador 5 para la apertura de la válvula y verifique que el indicador 3 se encienda.
- Cuando la pesa haya subido totalmente, oprima el pulsador 6 para volver a cerrar la válvula y verifique que el indicador 4 se encienda.

Manual de operación estación de bombeo (Jed Oscar Serrano V.)

- Ubique el selector 7 en posición distancia.

Nota: Una vez se hayan cumplido los pasos anteriores se debe realizar una inspección a los equipos en la casa de máquinas para garantizar un arranque exitoso de la unidad de bombeo presta a poner en operación.

Ahora diríjase al cuarto de control y ubique el tablero de supervisión de la unidad que va a poner en operación (figura 55).

Figura 55. Tablero de supervisión. Unidad de Bombeo 231-7512-1235-1234.

- Proceda a desbloquear el enclavamiento mecánico y eléctrico desactivando los bloques 19 y 20, luego oprima los pulsadores 21 y 22 para finalizar dicha tarea.

Manual de operación estación de bombeo (Jed Oscar Serrano V.)

- Tenga en cuenta el tiempo específico de arranque de la unidad y gire el selector 23 en sentido horario hasta la posición arranque.

Durante el proceso de arranque se puede visualizar en el tablero de supervisión de la unidad de bombeo como los indicadores de los interruptores de media tensión (A,B,C) realizan la secuencia de arranque de la siguiente manera: se energizan los interruptores de media tensión A y C luego de un intervalo de tiempo entre 8 y 10 segundos, el interruptor B debe estar por fuera de servicio e inmediatamente el interruptor B entra en operación.

Nota: En caso de que la unidad de bombeo presente algún tipo de falla, el operador de bombeo inmediatamente debe pulsar el botón de parada de emergencia (Pulsador 24).

Fuente: Manual de operación desarrollado en la práctica empresarial.

3.2 CONSIGNAS OPERATIVAS DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO BOSCONIA

La elaboración de las consignas operativas surge de la necesidad de la división electromecánica del **amb** S.A. E.S.P. para complementar el manual de operación de la estación de bombeo Bosconia.

Una instrucción operativa ha de ser lo más sencilla y clarificadora posible indicando, paso por paso, todo lo que hay que seguir para la consecución del objetivo de esta. Una consigna operativa debe ir de la mano con un manual de operación bien redactado y estructurado, que debería facilitar que hasta una persona no entendida en la materia pudiese conocer la actividad tan solo leyéndolo. En la consigna operativa las tareas que deban realizarse por el personal operativo se deben hacer constar claramente en el documento mediante una lista de chequeo. Para facilitar la comprensión se puede recurrir a dibujos, esquemas, diagramas, cuadros, etc.

El libro de consignas desarrollado en Microsoft Excel contiene las maniobras secuenciales necesarias para cambiar la condición operativa de un equipo a otra en la subestación eléctrica o casa de máquinas. Las consignas son documentos que describen las maniobras que el operador realiza cuando el sistema está en condiciones normales de operación y no se presentan alarmas o fallas en el sistema.


3.2.1. Estructura de las consignas de operación. En esta sección se abordaran las especificaciones estructurales de los formatos de las consignas operativas.

3.2.1.1. Formato para la presentación de una consigna operativa: El idioma utilizado en las consignas es español, el texto se presentó en tipo de letra Calibri tamaño 9 color negro, los títulos en Calibri tamaño 10 en negrilla color negro, y la pagina se utilizó en orientación vertical.

A continuación, se muestran en forma detallada cada uno de los aspectos que conforman una consigna operativa. En este caso vamos a tomar como ejemplo la consigna JOSV-SE-EBT1.

- **Encabezado:** En la figura 12 se presenta el encabezado de la consigna. Se utiliza el logotipo oficial vigente del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. El Título de la consigna contiene el nombre de la estación, el área donde se va a operar algún equipo y el nombre del procedimiento que va a realizar el operador. El código de de la consigna corresponde a la identificación de esta, en este caso se tiene que JOSV (José Oscar Serrano Valero) es el nombre de la estación, SE (subestación eléctrica) es el área de trabajo y EBT1(Energizar bahía de transformador 1) determina el procedimiento a realizar.

Figura 11. Encabezado de la consigna de operación

JOSV-SE-EBT1	ESTACIÓN DE BOMBEO JOSV SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 115 kV	
Revisión : 0	ENERGIZAR BAHÍA DE TRANSFORMADOR 1 DESDE EL TABLERO	
Página: 1	PRINCIPAL DE LA SUBESTACIÓN	

Fuente: Consigna operativa JOSV-SE-EBT1 desarrollada en la práctica

- **Pie de página:** El pie de página tiene la forma mostrada en la figura 13, y contiene los siguientes espacios que debe llenar el operador: Nombre del operador, fecha y hora en que se a realizar el procedimiento operativo y observaciones.

Figura 12. Pie de página de la consigna de operación

OPERADOR:	HORA:	FECHA:
OBSERVACIONES:		

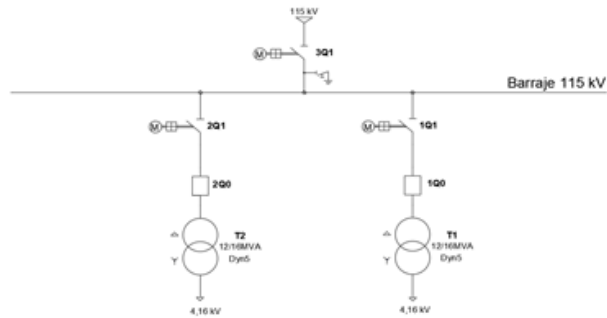
Fuente: Consigna operativa JOSV-SE-EBT1 desarrollada en la práctica

- Cuerpo de la consigna:** Se especifican las condiciones iniciales y las maniobras de operación necesarias en los equipos de patio de la subestación y casa de máquinas para satisfacer el cumplimiento de algún procedimiento, además se agrega un diagrama unifilar o mecánico (solo casa de máquinas) para mejor comprensión de la maniobra que vaya a realizar el operador. En la figura 14 se muestra un ejemplo del cuerpo de una consigna operativa.

Figura 13. Cuerpo de la consigna operativa

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Planta de emergencia	Activo	<input type="checkbox"/>
2	Cuchillas de puesta tierra Seccionador 3Q1	Desconectado	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador 3Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador 2Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador 1Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
6	Disyuntor 2Q0	Abierto	<input type="checkbox"/>
7	Disyuntor 1Q0	Abierto	<input type="checkbox"/>

2. PROCEDIMIENTOS			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Seccionador 3Q1	Cerrar	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador 1Q1	Cerrar	<input type="checkbox"/>
3	Disyuntor 1Q0	Cerrar	<input type="checkbox"/>



NOTA: Para cumplir con el estado activo de la planta de emergencia debe encenderla en modo local y realizar la transferencia manual Línea 440V - Planta Diesel desde el tablero de servicios generales en el cuarto de control.

Fuente: Consigna operativa JOSV-SE-EBT1 desarrollada en la práctica

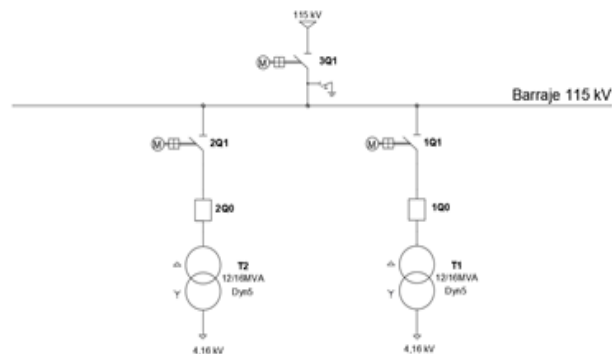
3.2.2. Consigna operativa de la subestación eléctrica. En la figura 15 se muestra una consigna operativa que se va a usar para energizar la bahía de transformador 1 de la subestación eléctrica de la estación de bombeo Bosconia, se puede encontrar en la página 1 del libro de consignas de la subestación .

Figura 14. Consigna operativa de la subestación eléctrica

JOSV-SE-EBT1	ESTACIÓN DE BOMBEO JOSV SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 115 kV ENERGIZAR BAHÍA DE TRANSFORMADOR 1 DESDE EL TABLERO PRINCIPAL DE LA SUBESTACIÓN	
Revisión : 0		
Página: 1		

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Planta de emergencia	Activo	<input type="checkbox"/>
2	Cuchillas de puesta tierra Seccionador 3Q1	Desconectado	<input type="checkbox"/>
3	Seccionador 3Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
4	Seccionador 2Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
5	Seccionador 1Q1	Abierto	<input type="checkbox"/>
6	Disyuntor 2Q0	Abierto	<input type="checkbox"/>
7	Disyuntor 1Q0	Abierto	<input type="checkbox"/>

2. PROCEDIMIENTOS			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Seccionador 3Q1	Cerrar	<input type="checkbox"/>
2	Seccionador 1Q1	Cerrar	<input type="checkbox"/>
3	Disyuntor 1Q0	Cerrar	<input type="checkbox"/>



NOTA: Para cumplir con el estado activo de la planta de emergencia debe encenderla en modo local y realizar la transferencia manual Línea 440V - Planta Diesel desde el tablero de servicios generales en el cuarto de control.

OPERADOR:	HORA:	FECHA:
OBSERVACIONES:		

Fuente: Libro de consignas operativas desarrolladas en la práctica

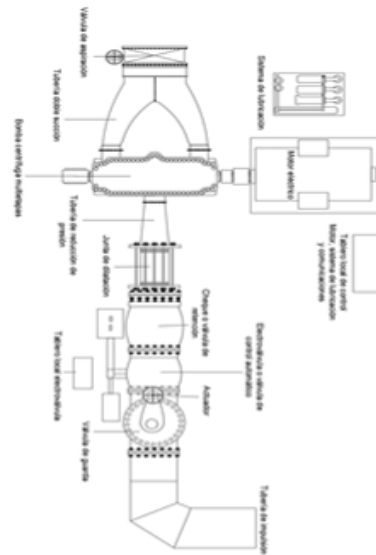
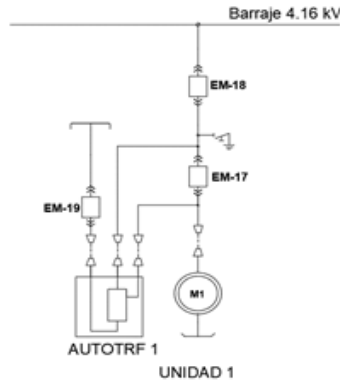
3.2.3. Consigna operativa de la casa máquinas. En la figura 16 se presenta la consigna operativa para que el personal operativo de la estación de bombeo realice el procedimiento de arranque de la unidad 1 de bombeo.

Figura 15. Consigna de la casa de máquinas

JOSV-CM-AUB-1	ESTACIÓN DE BOMBEO JOSV CASA DE MÁQUINAS ARRANQUE UNIDAD DE BOMBEO 1 DESDE EL TABLERO DE SUPERVISIÓN TS1	
Revisión : 0 Página: 1		

1. CONDICIONES INICIALES			
	EQUIPO	ESTADO	
1	Sistema de lubricación	Encendido	<input type="checkbox"/>
2	Sistema de refrigeración	Encendido	<input type="checkbox"/>
3	Válvula de guarda	Abierta	<input type="checkbox"/>
4	Probar Electroválvula	Abrir y Cerrar	<input type="checkbox"/>
5	Inspección a los equipos de la unidad	Verificado	<input type="checkbox"/>
6	Verificar tensión 4,16 [kV] desde el analizador de redes	Verificado	<input type="checkbox"/>

2. PROCEDIMIENTOS			
	EQUIPO	MANIOBRA	
1	Bloqueo mecánico	Desenclavar	<input type="checkbox"/>
2	Bloqueo eléctrico	Desenclavar	<input type="checkbox"/>
3	Unidad 1 TS1	Arranque	<input type="checkbox"/>



NOTA: Las celdas de potencia EM-17, EM-18 y EM-21 representan a los indicadores B(línea directa de 4,16 [kV]), A(principal) y C(autotransformador) respectivamente en el diagrama unifilar del tablero de supervisión TS1.

El arranque de la unidad tiene una duración de aproximadamente 10 segundos, debido al arranque a tensión reducida por autotransformador.

OPERADOR:	HORA:	FECHA:
OBSERVACIONES:		

Fuente: Libro de las consignas operativas desarrolladas en la práctica

4. RESULTADOS DEL PROYECTO DE LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

En el documento se realizó un proceso ordenado en el cumplimiento de los objetivos específicos para finalmente conseguir el objetivo principal de la práctica empresarial.

En el apartado 2.1 se mencionó como se identificaron las maniobras para poder desarrollar el manual y las consignas de operación de la estación de bombeo Bosconia, propiedad de la empresa **amb** S.A. E.S.P. En primera medida fue necesario la visita en campo utilizando la observación directa de las maniobras que realizaba el personal operativo en los diferentes procedimientos del sistema de bombeo.

En el apartado 3.1 se mostraron algunos procedimientos del manual de operación desarrollado en la práctica empresarial y como se estructuraba, esto se hizo como evidencia del cumplimiento del objetivo específico del proyecto. En el capítulo 2 se menciona que metodología se utilizó para llevar a cabo el proceso de desarrollar el manual de operación. Implementando este manual se cumple el segundo objetivo de la práctica.

En el apartado 3.2. se indicó como se estructuró el formato de la consigna operativa y se mostraron una consigna para la subestación eléctrica y una para la casa de máquinas siguiendo con un proceso lógico, secuencial y simple que permita al personal operativo utilizarlas para intervenir los equipos de maniobra. Desarrollando las consignas operativas se cumple con el tercer objetivo de la práctica.

Cumpliendo con los tres objetivos específicos se cumple de manera implícita el objetivo principal del proyecto de la práctica empresarial. En la tabla 1 se presentan los documentos entregados a la empresa **amb** S.A. E.S.P. para la operación de los equipos de la subestación eléctrica y casa de máquinas que componen la estación de bombeo Bosconia.

Tabla 1. Resumen de documentos elaborados

Documentos	Cantidad	Completado
Manual de operación	1	100%
Consignas operativas	11	100%

5. CONCLUSIONES

El contar con un manual de operación actualizado para la estación de bombeo Bosconia hará a cada miembro del personal operativo responsable de las actividades que le corresponden; teniendo definido con claridad y precisión lo que deben hacer.

La elaboración y ejecución de las consignas operativas para la subestación eléctrica y casa de máquinas de la estación de bombeo Bosconia proporcionan al personal operativo procedimientos seguros y confiables, estructurados de tal forma que mejore la eficiencia de trabajo.

El desarrollo de los procedimientos operativos documentados no se hubiera logrado sin la colaboración y suministro de la información respectiva de la experiencia del personal operativo, documentos nacionales e internacionales,

El éxito del proyecto de la practica empresarial radica en el desarrollo y presentación de lo dicho en la tabla 1(Resumen de documentos elaborados), evidenciando la consecución del objetivo principal de la práctica.

Como resultado de esta experiencia no solamente se desarrollaron los procedimientos para la estación de bombeo, sino que se participó en actividades de mantenimiento eléctrico y mecánico. Actividades que brindan la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos para tener un crecimiento profesional y personal del autor de esta práctica

6. RECOMENDACIONES

Capacitar y entrenar a los operadores de la estación de bombeo en la búsqueda y seguimiento de las consignas operativas ya que es un documento nuevo de trabajo.

Actualizar el manual de operación al menos 1 vez al año permite satisfacer necesidades actuales en caso de capacitar nuevo personal obteniendo una base para mantener la forma segura de trabajar o en su caso mejorarla.

BIBLIOGRAFÍA

ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. E.S.P., “Descripción sistema de bombeo Bosconia y coordinación de mantenimiento eléctrico”, 2012.

CAICEDO PÉREZ, Cristian Alexander. “Revisión y actualización de las consignas de operación y de falla de las subestaciones del CTE Centro”, tesis (ingeniero eléctrico), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de ingeniería, ingeniería eléctrica, 2018

CHEC GRUPO EPM. “Manual de mantenimiento preventivo-predictivo-correctivo para trabajos con tensión en subestaciones y líneas CHEC”, 2018.

COLOMBIA. MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL, “Reglamento de salud ocupacional en los procesos de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en las empresas del sector eléctrico”, Resolución 1348 de 2009, 2009.

EMEL NORTE, “Manual de operación subestación Alpachaca 69 kV”, 2013.

EMPRESA DE ENERGÍA DE BOYACÁ S.A., “Manual de procedimientos seguros en subestaciones”, 2008.

EMPRESA DE ENERGÍA DEL PACÍFICO S.A. y compañía de electricidad de Tuluá E.S.P., “Manual de operación para el sistema eléctrico atendido por EPSA y CETSIA”, oficina técnica de operación y gestión de energía EPSA, 2012.

GÓMEZ, Edgar Julio; PALENCIA BUITRAGO, Henry. “Operación y control de subestaciones según diagrama de bloques”, tesis (ingeniero electricista) - UIS. escuela de ingeniería eléctrica, 1983.

GUTIÉRREZ BAUTISTA, Lany; NINO RUEDA, Jairo. “Desarrollo del plan de contingencia para falla de equipos de las subestaciones Banadía, cano limón y palos propiedad de interconexión eléctrica S.A. E.S.P. ISA - CTE Oriente”, tesis (ingeniero electricista) - UIS. escuela de ingenierías eléctrica, electrónica y de telecomunicaciones, 2001.

LÓPEZ SICUA, Johan Sebastián. “Diseño y actualización de las consignas de operación y de falla de las subestaciones del CTE Centro”, tesis (ingeniero eléctrico), Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de ingeniería, ingeniería eléctrica, 2019.

MEJÍA VILLEGAS, S.A., INGENIEROS CONSULTORES, “Subestaciones de alta y extra alta tensión”, Segunda edición.

MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES ESPAÑA. “NTP 560: Sistema de gestión preventiva: procedimiento de elaboración de las instrucciones de trabajo.”, 2000.