

Mejor práctica e implementación de normas de labor en la ejecución de Mantenimiento para Sistemas de iluminación de descarga de alta presión en la Refinería de Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

José Mauricio Trigos Páez.

Coordinación de Planeación y Programación de Mantenimiento Refinería Barrancabermeja, Ecopetrol S.A.

Resumen: Se plantea una propuesta como mejor práctica de mantenimiento para sistemas de iluminación de descarga de alta presión mediante reposición por lotes basado en tiempo de funcionamiento, se muestra la metodología implementada para mejorar la productividad de la mano de obra empleada en el mantenimiento de iluminación en la Refinería Barrancabermeja.

Introducción

La tecnología usada para la iluminación en la zona industrial de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB) son lámparas de descarga de alta presión, ya sea con gases en el bulbo de vapor de mercurio, luz mixta, sodio o de haluros metálicos (Metal Halide). Antes del año 2003 no estaba normalizada la tecnología a usar, pero en diciembre de ese año se realizó emisión de la “Especificación de Luminarias” con el objeto de estandarizar la iluminación tanto en uso interior como exterior, definiendo que para la instalación de luminarias de uso exterior en la GRB se exige usar “una sola referencia de luminaria, indiferentemente del tipo de montaje, ajustando su instalación en montaje sobre muros, tipo colgante, cuello ganso, etc.”¹. A partir del año 2004 con esta directriz se inicia un proceso de actualización tecnológica en la iluminación de uso exterior y se procede a cambiar las luminarias de 125W de vapor de mercurio de alta presión, luz mixta de 160W a Halogenuros Metálicos de 175W tecnología “Probe Start”. Estas tecnologías actualmente por cuestiones ambientales y de

eficiencia, pasan a ser obsoletas y prohibidas por el gobierno nacional a través de resoluciones del Ministerio de Minas y Energía y el Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETI LAP).

En el mundo, a mediados del año 2005 la Energy Policy Act (EPACT) en USA inicia un programa de descuentos e incentivos de ahorro de energía a través del uso de fuentes de iluminación más eficientes lo cual genera que los fabricantes a través de investigación y desarrollo evolucionen sus tecnologías haciéndolas más eficientes. En Colombia en el año 2008 el gobierno legisla exigiendo que *“las Entidades Públicas de cualquier orden, deberán sustituir las fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica, por fuentes de la más alta eficacia disponible en el mercado”².*

El mantenimiento de estos sistemas de iluminación se ha hecho hasta ahora como en la mayoría de las industrias, con una estrategia de tipo correctivo que no es acorde con este tipo de tecnología de iluminación de descarga de alta presión, desconociendo argumentos técnicos de las mejores prácticas según los fabricantes y restándole importancia por no ser un activo directo de producción.

Objetivo General

Disminuir costos de mantenimiento en los sistemas de iluminación de la refinería de Barrancabermeja, a través de la implementación de una mejor práctica de mantenimiento de tipo preventivo y mejora de

[¹] ESPECIFICACIÓN LUMINARIAS. GCB-ELEC-ES-014. Versión: 0 Fecha Rev: 2003-12-03. Pág. 5

[²] Decreto 895 del 2008 del Ministerio de Minas y Energía. Colombia.

la productividad de la mano de obra usada en el mantenimiento de estos sistemas.

Objetivos Específicos

Implementar para los sistemas de iluminación una estrategia de mantenimiento de tipo preventivo basada en tiempo mediante reposición de lámparas por lotes.

Establecer los parámetros requeridos para lograr una adecuada estimación de Horas Hombre en actividades de Mantenimiento eléctrico a los sistemas de iluminación de las unidades operativas y áreas perimetrales, de acuerdo con las normas de productividad laboral utilizadas en la industria.

Antecedentes

Los sistemas de alumbrado industrial en la refinería de Barrancabermeja son en su mayoría lámparas de descarga (haluros metálicos) y la estrategia de mantenimiento usada para mantenerlos es de tipo correctivo, donde se cambia no solo la lámpara, sino que en la mayoría de las veces es necesario cambiar componentes auxiliares como balasto, condensador y arrancador según el caso de cada luminaria cuando ya está “apagada”. Esta estrategia tiene un impacto significativo en dichos sistemas por ser de baja confiabilidad y altos costos de mantenimiento por incremento en tiempo de ejecución de la mano de obra y alta reposición de repuestos.

Para disminuir los costos de mano de obra se implementaron normas labor propias y externas, ajustando los parámetros para lograr una adecuada estimación de horas hombre en actividades de Mantenimiento eléctrico de estos sistemas, creando estándares que ahora son usados en la planeación y programación de estos trabajos de mantenimiento.

También para disminuir los costos por confiabilidad y alto cambio de repuestos de las luminarias, se hizo análisis de causa raíz para

determinar los factores determinantes de la baja confiabilidad encontrando que hay muchas oportunidades en cuanto al tipo de tecnología actual por obsolescencia y falta de estrategia de mantenimiento para este tipo de tecnología, lo que direccionó a realizar un estudio de alternativas para su reemplazo y mientras sucede, implementar un cambio en la estrategia de mantenimiento pasando a una de tipo preventivo basada en tiempo que se anticipe a la falla de los componentes de la luminaria.

Causas baja confiabilidad del Sistema de iluminación

El análisis de causa raíz muestra que una de las principales causas es la incompatibilidad de la lámpara (bombillo) con los componentes internos de la luminaria que acortan la vida de los mismos, y estos son cambiados con alta frecuencia debido a que las acciones de mantenimiento son netamente correctivas, esto ocasiona que cuando se permite que la luminaria de descarga se “apague” (deje de alumbrar), es que por esencia de la tecnología esta continua intermitentemente generando los pulsos de descarga tratando de encender la lámpara dañando con el paso del tiempo el arrancador, el condensador y por último hasta el balasto, así que cuando se interviene ya no solo es necesario cambiar la lámpara, sino también todos o alguno de estos componentes.

Estrategia de mantenimiento de tipo preventivo basada en tiempo

La mejor práctica según los fabricantes de luminarias de descarga es hacer la reposición de lámparas (bombillos) por lotes, lo que pretende es que no se llegue al deterioro de los otros componentes de la luminaria cuando esta “deja de alumbrar”.

Inicialmente se toma de referencia la vida nominal media o promedio declarada por el fabricante en su hoja de datos, que define el tiempo en el que el 50% de las luminarias aún

permanecen encendidas, y con este tiempo se calcula el tiempo de vida útil de lámpara cuando ésta ha perdido más o menos un 30% de su flujo luminoso inicial y se presume que solo entre un 20 a 30% del total de lámparas se han apagado. Se calcula que el tiempo de vida útil de la lámpara está en punto entre el 60% al 70% del tiempo de vida media, y entre estos se debe “buscar” el tiempo técnico económico mas adecuado para hacer la reposición de lámparas por lotes, minimizando los correctivos por ejecutar.

Entonces para la tecnología más usada en la refinería “Metal Halide-Pulse Start” los fabricantes estiman la vida media en 15.000 horas, y tomando para empezar el valor medio entre el 60% y 70% mencionado anteriormente (65%), la reposición de lámparas por lotes se tendría que hacer a las 9.750 horas de funcionamiento, para lo que se tiene que tener un horómetro en cada tablero de alumbrado para medirlo, hacer el cambio total de las luminarias por tablero y llevar el registro de este tiempo periódicamente. En cada cambio se debe evidenciar la cantidad de correctivos generados en los que se deba cambiar algún componente adicional para tomar la decisión de corregir o no, ajustando el periodo establecido de reposición. De esta forma se busca disminuir la cantidad de correctivos y minimizar los costos por cambio de componentes y menor tiempo de ejecución del mantenimiento de las luminarias haciendo más preventivos (cambios de “solo” lámparas) que correctivos en las luminarias.

Estimación de horas hombre requeridas para mantenimiento eléctrico de los sistemas de iluminación en la refinería

Se estableció una metodología para estandarizar la estimación del mantenimiento eléctrico de los sistemas de iluminación de las unidades operativas, oficinas y alumbrados perimetrales que se ejecutan en el mantenimiento día a día y mantenimiento mayor de la Refinería Barrancabermeja. Esta

estimación, contempló el uso de las normas de productividad laboral Work Activitie Norms Handbook (ARCADIS, 2011) ®³ para algunas actividades y donde no existían se empleó las estimaciones recopiladas por Ecopetrol en la Refinería Barrancabermeja.

Esta implementación busca mejorar la eficiencia en la planeación y ejecución de mantenimiento y en consecuencia tener costos de mano de obra de mantenimiento dentro de los niveles de referencia para la Refinería Barrancabermeja, permitiendo retar los tiempos de ejecución y costos propios o contratados en comparación a los estándares internacionales empleados en la industria.

Para la estimación de las Horas Hombre de las Operaciones y Sub-operaciones, se revisó el Preámbulo de la Norma de labor (ARCADIS, 2011) ® extrayendo los tiempos de las actividades que aplicaban y las que no estaban en esta norma se realizaron las estimaciones de con un grupo de expertos en mantenimiento para esta familia de equipos en particular.

También se tuvo en cuenta como exige la norma (ARCADIS, 2011) ®, diferentes factores de condición del trabajo que puedan afectar la productividad del mismo y se tiene en cuenta en este caso alturas determinadas que son especificadas y/o condiciones de sitio que se debe tener en cuenta cuando este parámetro supere al inicialmente contemplado (Ejemplo, “Altura hasta 6m”).

Dichos factores sólo deben ser usados en casos donde la norma lo indique específicamente o donde no sea usual su aplicación en una tarea en particular. Por ejemplo; las normas de labor para instalación de luminarias no contemplan factores de Elementos de Protección Personal (EPP’s) especiales en sus estimaciones iniciales; pero si la instalación de luminarias se debe hacer sobre un sistema que requiera el

^[3] EC HARRIS; OIL, GAS & CHEMICALS; WORK ACTIVITY NORMS HANBOOK; versión 1 (ARCADIS)

apoyo de un equipo con suministro de aire fresco o uso de mascara “full face”, el factor de uso de ese EPP especial no está contemplado en la norma, pues la estimación inicial, se hizo para una instalación en condiciones normales de ejecución sin presencia de atmósfera peligrosa.

A continuación, se listan los diferentes factores de condición que aplican mantenimiento eléctrico de los sistemas de iluminación de las unidades operativas, oficinas y alumbrados perimetrales en la Refinería de Barrancabermeja y cuáles de ellos ya están tenidos en cuenta dentro de la norma:

- **Factor Altura:** Todas las normas se basan en la realización de las operaciones de trabajo en alturas no superiores a los 6 metros (20 pies) por encima del nivel del piso. Para trabajos por encima de este nivel, se aplicará un factor de altura (por rangos) en base a la altura a la que se ejecuta la operación de mantenimiento específica.

Descripción	Factor
Altura hasta 6m	1
Altura > 6m hasta 12m	1,03
Altura > 12m hasta 18m	1,05
Altura > 18m hasta 24m	1,08
Altura > 24m	1,1

Tabla No 1

Estos factores solo se tendrán en cuenta para los trabajos que se ejecuten en el equipo como tal.

- **Factor de Elementos de Protección Personal (EPP):** Todas las normas de las actividades de mantenimiento para sistemas de iluminación contemplan el uso de los EPP básicos en el desarrollo de sus actividades. Por tal motivo, no deberán ser tenidos en cuenta estos factores en los cálculos de estimación, excepto en casos especiales, donde la naturaleza del producto que maneja el equipo o de las condiciones de la planta donde está ubicado lo ameriten; como por ejemplo en el

uso de mascara “Full Face” al trabajar en un entorno con presencia de Aromáticos o uso de equipos de aire fresco para instalación de luminarias en espacios confinados (Torres, reactores, tanques, etc.). Solo en esos casos especiales se calcularán las horas hombre afectándolas por los Factores de EPP correspondientes.

Descripción	Factor
EPP restrictivo o el uso de aparatos respiratorios	1,15

Tabla No 2

Para llevar a cabo el proceso de estimación de mantenimiento en sistemas de iluminación, fue necesario elaborar el sistema de clasificación en el CMMS (SAP) para esta familia de equipos en particular. Esta clasificación nos permitió enmarcar la familia de equipos en características específicas a esa Clase y en unos rangos de potencias, tecnologías de las luminarias, longitudes, ubicación que coincidan con los rangos de utilización de las normas.

Este sistema de clasificación se hizo en dos etapas: Definir la Clase-Tipo de la familia de equipos y crear las Características específicas aplicables a esa familia de equipos.

Al revisar la Normas de labor (ARCADIS, 2011) ®, que involucra el mantenimiento para sistemas de iluminación, se evidencian varios parámetros de características que deberán estar entre las Características principales de la Clase/Tipo **LS (Ligth System) “Alumbrado”** definido en el CMMS (SAP).

Taxonomía (CLASE/TIPO) definidas

CLASE	DENOMINACION ESPAÑOL
LS	Alumbrado
LSED	Alumbrado Edificaciones
LSOP	Alumbrado Off Site/Perimetral
LSPA	Alumbrado Áreas De Proceso

Tabla No 3

De acuerdo a la Clase/Tipo **LS** tomada como el nivel 1 (superior) bajamos por niveles de acuerdo a los siguientes criterios hasta llegar al estándar requerido (Hoja de Ruta en SAP) según ubicación, tipo de mantenimiento y por último la tecnología del sistema de alumbrado según corresponda de la siguiente manera:

Nivel. 1 Sistema de Alumbrado		LS		
		Alumbrado		
Nivel. 2 Por Ubicación		LSPA		LSOP
		Alumbrado Áreas De Proceso		Alumbrado Off Site/Perimetral
Nivel. 3 Por tipo de Mantenimiento		Correctivo de luminarias en plantas	Instalar luminarias en plantas	Cambio de elementos
		Correctivo de luminarias perimetrales	Instalar luminarias perimetrales	Cambio de elementos
Nivel. 4 Por tipo de tecnología		Fluorescente (24 in a 48 in)	Fluorescente (24 in a 48 in)	Reloj/Timer de alumbrado
		Fluorescente (60 in a 96 in)	Fluorescente (60 in a 96 in)	Cambio de tubo fluorescente
Luminaria MH hasta 175 W hasta 6 m				
Reflector MH de 400 W hasta 6 m				
Reflector MH de 1000 W hasta 6 m				

Tabla No 4

Tipos de mantenimiento a estimar

Los alcances de mantenimiento que se definieron estimar para esta familia de equipos son los que conforman dicha característica en el sistema de clasificación y se considera que existe el punto eléctrico y no incluye los medios para llegar hasta las luminarias. Dichos alcances son los siguientes.

- **Correctivo de luminarias en plantas, incluyen cambios de fluorescentes en cuartos de control, subestaciones y Centros de Control de Motores – CCM's:** Incluye la aplicación del SAES del circuito respectivo, la desconexión y desmontaje mecánico de la luminaria, la reparación de la luminaria que comprende las pruebas iniciales y el cambio de

elementos en falla, las pruebas posteriores de luminaria, el montaje y conexión y sellar posibles entradas de agua en el siguiente orden:

1. Aplicar SAES
2. Desconectar y bajar luminaria
3. Hacer limpieza general
4. Cambiar elementos en falla (Balasto, condensador, arrancador, bombilla y demás requeridos)
5. Ajustar conexiones
6. Hacer pruebas
7. Montar y asegurar lámpara, revisar los soportes de la tubería, las abrazaderas, los canales estructurados y todos los soportes que deban estar debidamente soldados.
8. Sellar entradas de agua
9. Conectar y probar

Se resumen en la siguiente tabla:

Correctivo de luminarias en plantas para:
Fluorescente (24 in a 48 in)
Fluorescente (60 in a 96 in)
Luminaria Metal Halide hasta 175 W hasta 6 m
Reflector Metal Halide de 400 W hasta 6 m
Reflector Metal Halide de 1000 W hasta 6 m

Tabla No 5

- **Correctivo de luminarias en vías y perimetrales:** Incluye la aplicación del SAES del circuito respectivo, la desconexión y desmontaje mecánico de la luminaria, la reparación de la luminaria que comprende las pruebas iniciales y el cambio de elementos en falla, las pruebas posteriores de luminaria, el montaje y conexión de esta en el siguiente orden:

1. Aplicar SAES
2. Desconectar y bajar luminaria
3. Hacer limpieza general
4. Cambiar elementos en falla (Balasto, fotocelda, condensador, bombilla y demás requeridos)
5. Ajustar conexiones
6. Hacer pruebas
7. Montar y asegurar lámpara, revisar brazo y abrazadera ajustable y todos los soportes.
8. Sellar entradas de agua
9. Conectar y probar

Se resumen en la siguiente tabla:

Correctivo de luminarias perimetrales
Reflector Metal Halide en torres hasta 9 m
Luminaria sodio 250 W hasta 9 m
Luminaria sodio 70 W hasta 9 m

Tabla No 6

- **Correctivo de luminarias fluorescentes en oficinas:** Incluye la aplicación del SAES del circuito respectivo, la desconexión y desmontaje mecánico de la luminaria, la reparación de la luminaria que comprende las pruebas iniciales y el cambio de elementos en falla, las pruebas posteriores de luminaria, el montaje y conexión de esta en el siguiente orden:

1. Aplicar SAES
2. Desconectar y bajar luminaria
3. Hacer limpieza general
4. Cambiar elementos en falla (Balasto, condensador, tubos y demás requeridos)
5. Ajustar conexiones
6. Hacer pruebas
7. Montar y asegurar lámpara, revisar todos los soportes.
8. Conectar y probar

Se resumen en la siguiente tabla:

Correctivo de luminarias en oficinas
Fluorescente en oficinas

Tabla No 7

- **Correctivo de misceláneos:** Incluye la aplicación del SAES del circuito respectivo, la desconexión y desmontaje de elementos en falla ya sea en luminarias y/o Tableros según el caso fotoceldas, bombillas y/o temporizadores (timer's), y la instalación de estos.

Se resumen en la siguiente tabla:

Cambio de Bombillos/Fotocelda/Timer
Reloj/Timer de alumbrado
Fotocelda
Cambio de tubo fluorescente
Cambio de bombilla en vías

Tabla No 8

- **Instalación de luminarias en plantas, incluyen fluorescentes en cuartos de control, subestaciones y Centros de Control de Motores – CCMS:** El punto eléctrico donde se instalará la luminaria debe existir. Incluye la aplicación del SAES del circuito respectivo, la prueba inicial, montaje mecánico de la luminaria, conexión y las pruebas posteriores de luminaria y sellar posibles entradas de agua en el siguiente orden:

1. Aplicar SAES
2. Probar funcionamiento de nueva luminaria
3. Montar y asegurar mecánicamente la lámpara.
4. Conectar eléctricamente y probar
5. Sellar entradas de agua

Se resumen en la siguiente tabla:

Instalar luminarias en plantas
Fluorescente (24 in a 48 in)
Fluorescente (60 in a 96 in)
Luminaria MH hasta 175 W hasta 6 m
Reflector MH de 400 W hasta 6 m
Reflector MH de 1000 W hasta 6 m

Tabla No 9

Plantilla de estimación

Para lograr la estimación del mantenimiento para sistemas de iluminación, se definieron 4 pasos principales a seguir, los cuales deben ser diligenciados en la plantilla de estimación creada para tal fin:

- Establecer en la plantilla las operaciones principales que aplican al mantenimiento para sistemas de iluminación.
- Desglosar cada operación principal en sub-operaciones referenciables en las normas de labor
- Asignarles valores de horas hombre llave en mano a cada sub-operación según los

rangos de características aplicables en las normas de labor a cada actividad

- Identificar y afectar las horas hombre llave en mano por los factores de condición que apliquen a cada mantenimiento en especial (esto aplica únicamente para las plantillas específicas)

Al finalizar el ejercicio, se debe tener como resultado la estimación de las horas hombre requeridas para el tipo de mantenimiento específico; con la afectación por los factores de condición.

Esta plantilla de estimación terminada es la base para la creación de los estándares en el CMMS (hojas de ruta de instrucción en SAP) las cuales se usan en la estimación de actividades de mantenimiento rutinario o en mantenimiento mayor.

Para las actividades transversales tales como instalación o retiro de andamios, pintura, cambio de acometidas, o trabajos de cableado que no estén especificados para el mantenimiento de sistemas de iluminación; las estimaciones se deberán hacer con las normas de labor específicas para andamios, cableado y similares establecidas para tal fin y definidas en otras normas de labor definidas para tal fin.

Basados en la información de tiempos HH llave en mano estimados de la herramienta mostrada se hicieron las respectivas estándares en el CMMS (hojas de ruta por instrucción en SAP), para las cuales ya se definió el código del Grupo de Hoja de Ruta y el contador respectivo que se muestra en cada caso según la selección del tipo de mantenimiento y tipo de luminaria seleccionada como se muestra en la tabla No 10.

Tipo de Mantenimiento	Tipo de luminaria	HR	Contador
Correctivo de luminarias en plantas	Fluorescente (24 in a 48 in)	RFBLSPO0	1
Correctivo de luminarias en plantas	Fluorescente (60 in a 96 in)	RFBLSPO0	2
Correctivo de luminarias en plantas	Luminaria MH hasta 175 W hasta 6 m	RFBLSPO1	1
Correctivo de luminarias en plantas	Reflector MH de 400 W hasta 6 m	RFBLSPO1	2
Correctivo de luminarias en plantas	Reflector MH de 1000 W hasta 6 m	RFBLSPO1	3
Correctivo de luminarias perimetrales	Reflector MH en torres hasta 9 m	RFBLSPO0	1
Correctivo de luminarias perimetrales	Luminaria sodio 250 W hasta 9 m	RFBLSPO0	2
Correctivo de luminarias perimetrales	Luminaria sodio 70 W hasta 9 m	RFBLSPO0	3
Correctivo de luminarias en oficinas	Fluorescente en oficinas	RFBLSPO0	1
Cambio de Bombillos/Fotocelda/Timer	Reloj/Timer de alumbrado	RFBLSPO1	4
Cambio de Bombillos/Fotocelda/Timer	Fotocelda	RFBLSPO0	4
Cambio de Bombillos/Fotocelda/Timer	Cambio de tubo fluorescente	RFBLSPO0	3
Cambio de Bombillos/Fotocelda/Timer	Cambio de bombilla vías	RFBLSPO0	5
Instalar luminarias en plantas	Fluorescente (24 in a 48 in)	RFBLSPO0	4
Instalar luminarias en plantas	Fluorescente (60 in a 96 in)	RFBLSPO0	5
Instalar luminarias en plantas	Luminaria MH hasta 175 W hasta 6 m	RFBLSPO1	5
Instalar luminarias en plantas	Reflector MH de 400 W hasta 6 m	RFBLSPO1	6
Instalar luminarias en plantas	Reflector MH de 1000 W hasta 6 m	RFBLSPO1	7

Tabla No 10

Conclusiones

Con la implementación de la estrategia de mantenimiento propuesto y de las normas de labor en la ejecución de Mantenimiento para los Sistemas de iluminación de descarga de alta presión en la Refinería de Barrancabermeja, se espera reducir significativamente los costos por mantenimiento invertidos cada año para atender el sistema actual. Antes estaba basado en mantenimientos correctivos, ahora se basarán en mantenimientos preventivos y la reposición será basada en el tiempo de funcionamiento de la fuente de iluminación.

Referencias

- EC HARRIS; OIL, GAS & CHEMICALS; WORK ACTIVITY NORMS HANBOOK; versión 1 (ARCADIS)
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP
- Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público. Resolución 181331 de Agosto 6 de 2009 COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.
- Resolución 180947 de 2010. COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA.

JOSÉ MAURICIO TRIGOS PÁEZ.

Ingeniero Electricista, Universidad Industrial de Santander

Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander

Labora en Ecopetrol, Refinería de Barrancabermeja desde el 2008, donde ha desempeñado funciones de Planeador/Programador de Mantenimiento, QA/QC de Mantenimiento Eléctrico, Líder de entrenamiento de mantenimiento en la especialidad Eléctrica, Interventor de contratos de mantenimiento a válvulas motorizadas y tracing eléctrico, ha elaborado especificaciones técnicas para contratos de mantenimiento eléctrico a sistemas de iluminación y válvulas motorizadas. Evaluador de Procesos de contratación de la especialidad eléctrica, ha realizado maduración de proyectos bajo el modelo de ECOPETROL S.A. y además cuenta con experiencia como docente universitario en materias como Electromagnetismo, Ondas Electromagnéticas, Métodos Numéricos, Dibujo Técnico y Fundamentos en instrumentación industrial.

ALVARO FERNANDO PINEDASUAREZ.

Tecnólogo en Electricidad y Telefonía, Electromecánica, Unidades Tecnológicas de Santander

Ingeniero Electromecánico, Universidad Antonio Nariño

Especialista en Gerencia de Mantenimiento, Universidad Industrial de Santander

Labora en Ecopetrol, Refinería de Barrancabermeja desde el 2003, donde ha desempeñado funciones de mantenedor Electricista, Planeador/Programador de Mantenimiento, Planeador de contratos de mantenimiento, ha realizado reemplazo como coordinador de Planeación de Mantenimiento.