

**Propuesta de Mejora de Acceso y Movilidad en las PSA de las Unidades de
Generación de Hidrogeno en Refinería de Cartagena.**



Luis F. Maza Munarris

Marzo 2021

Universidad Antonio Nariño
Cartagena de Indias, D.T Y C.

**Propuesta de Mejora de Acceso y Movilidad en las PSA de las Unidades de
Generación de Hidrogeno en Refinería de Cartagena.**

Luis F. Maza Munarris

Notas del Autor

Luis Fernando Maza Munarris, Facultad de Ingeniería Industrial, Universidad Antonio
Nariño, Cartagena.

Nota de Aceptación

Nombre y firma jurado 1

Nombre y firma jurado 2

Nombre y firma presidente

Nombre y firma secretario

Dedicatoria

Dios en su infinita bondad lo provee todo, dedico este maravilloso logro a él y a su poderoso amor, así como a mi madre Isabel Munarris y a mi adorada hermana Dialis Maza, por su indeclinable apoyo moral y por conformar la dupla del amor y la incondicionalidad en mi vida, vida que no me pertenece, vida que es de Dios y para Dios.

Agradecimientos

Agradezco inmensamente a Dios, por su eterno amor y perdón, a mi madre Isabel Munarris, a mi querida hermana Dialis Maza por su apoyo y constancia en mi vida y proyectos, de igual manera mis más sinceros y amorosos agradecimientos para Luz Hernández Carvajal, quien me ha acompañado en el trasegar de este proceso, el mismo que hoy toma un respiro para continuar con mayor aliento en la formación que sigue. A la universidad Antonio Nariño por la oportunidad de pertenecer a la misma y a todos los instructores y maestros que participaron e hicieron parte de esta etapa tan importante para mi proyecto de vida.

Resumen

Dadas las complejidades de acceso y movilidad para atender y mantener los equipos e instrumentación que componen la PSA (Pressure Swing Adsorption) en las unidades de generación de hidrogeno de la refinería de Cartagena, surge la iniciativa de trabajar sobre una propuesta de mejora a favor de las condiciones ergonómicas propias de esta sección de la planta, con la finalidad de mejorar y facilitar la circulación de las personas que allí laboran, así como, asegurar la operación normal de ésta y otras plantas de producción que dependen de la operación de las unidades generadoras de hidrógeno. La propuesta de mejora de acceso y movilidad también pretende eliminar peligros referentes a trabajos en altura, minimizar los tiempos de atención de actividades rutinarias en la PSA y aportar positivamente a la economía de la refinería en general, proporcionando atención oportuna y eficaz por parte de operaciones y mantenedores, pero sobre todo garantizando la permanencia segura de las personas que visitan y movilizan en la sección de purificación de hidrógeno de esta importante planta de proceso.

Palabras Clave: propuesta, mejora, riesgo, ergonomía, movilidad

Abstract

Given the complexities of access and mobility to attend and maintain the equipment and instrumentation that make up the PSA (Pressure Swing Adsorption) in the hydrogen generation units of the Cartagena refinery, the initiative arises to work on an improvement proposal in favor of the ergonomic conditions of this section of the plant, in order to improve and facilitate the circulation of the people who work there, as well as to ensure the normal operation of this and other production plants that depend on the operation of the generating units hydrogen. The proposal to improve access and mobility also aims to eliminate dangers related to work at height, minimize the attention times of routine activities in the PSA and contribute positively to the economy of the refinery in general, providing timely and effective attention by operations and maintainers, but above all guaranteeing the safe permanence of the people who visit and mobilize in the hydrogen purification section of this important processing plant.

Keywords: proposal, improvement, danger, ergonomics, mobility

Contenido

Propuesta de Mejora de Acceso y Movilidad en las PSA de las Unidades de	
Generación de Hidrogeno en Refinería de Cartagena.....	
	1
1	Introducción.....
	12
2	Planteamiento del Problema
	14
2.1	Antecedentes del Problema
	14
2.2	Descripción del Problema
	16
2.3	Formulación del Problema
	19
3	Justificación
	19
4	Objetivos.....
	21
4.1	General
	21
4.2	Específicos
	21
5	Marco de Referencia.....
	22
5.1	Antecedentes
	22
5.1.1	Antecedentes de la Investigación en Español
	22
5.1.2	Antecedentes de la Investigación en Inglés.....
	24
5.2	Marco Teórico.....
	24
5.2.1	Mejora Continua.....
	24
5.2.2	Salud Ocupacional.....
	29
5.2.3	Ergonomía.....
	35

5.2.4	Trabajos en altura en Colombia	39
5.2.5	Accidentes de trabajo:	40
5.2.6	Características esenciales de los accidentes de trabajo	41
5.2.7	Plataformas de trabajo	41
5.2.8	Diagrama de Causa Efecto	42
5.2.9	Como graficar en el diagrama causa efecto	42
5.3	Marco Conceptual	43
5.4	Marco Legal y Normativo	52
6	Marco Metodológico	52
6.1	Tipo de investigación	52
6.2	Variables de medición	53
6.3	Recolección y análisis de datos	53
6.4	Unidad de estudio o muestra	54
6.5	Fases y Actividades Metodológicas	54
7	Diagnóstico de las Condiciones Ergonómicas, Acceso y Movilidad.	55
8	Alternativas de mejora	69
9	Selección de alternativa de mejora ergonómica, acceso y movilidad.	76
10	Conclusiones	84
11	Lista de Referencias	86
12	ANEXOS	89

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Frecuencia de ascensos y descensos de escaleras verticales.</i>	17
<i>Tabla 2. Maestros de la calidad</i>	26
<i>Tabla 3. Sucesos importantes en la evolución de la salud ocupacional en Colombia</i>	31
<i>Tabla 4. Escaleras Fijas Industriales, estándar o 45°</i>	47
<i>Tabla 5. Plataformas elevadas de circulación.</i>	49
<i>Tabla 6 . Fases y Actividades Metodológicas</i>	55
<i>Tabla 7. Acciones recopiladas de Hojas de Trabajo.</i>	57
<i>Tabla 8. Cuadro comparativo de las alternativas propuestas.</i>	76

Lista de Figuras

<i>Figura 1. Despliegue del ciclo PHVA</i>	26
<i>Figura 2. Gestión del riesgo en higiene y ergonomía por capas de protección</i>	28
<i>Figura 3. Flujograma de decisión.</i>	34
<i>Figura 4. Guía de revisión de aspectos HSE y ASP en proyectos.</i>	39
<i>Figura 5. Diagrama de Causa - Efecto</i>	43
<i>Figura 6. Arnés anticaída</i>	44
<i>Figura 7. Huella, Contrahuella de una escalera, pendientes y ángulos.</i>	46
<i>Figura 8. Dimensionado de escaleras fijas.</i>	47
<i>Figura 9. Plataformas elevadas de circulación</i>	51
<i>Figura 10. Hoja de trabajo innovación en ergonomía.</i>	56
<i>Figura 11. Encuesta, pregunta 1.</i>	60
<i>Figura 12. Encuesta, pregunta 2.</i>	61

<i>Figura 13. Encuesta, pregunta 3.</i>	62
<i>Figura 14. Encuesta, pregunta 4.</i>	63
<i>Figura 15. Encuesta, pregunta 5.</i>	64
<i>Figura 16. Formato de Análisis de Riesgo para la ejecución de un trabajo.</i>	65
<i>Figura 17. Diagrama Causa Efecto.</i>	69
<i>Figura 18. Matriz de Toma de Decisión.</i>	82
<i>Figura 19. Plataformas laterales de circulación elevada con interconexión a las 11 plataformas existentes de la PSA.</i>	83

Lista de Anexos

<i>Anexo 1. Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía</i>	89
<i>Anexo 2. Formato de encuesta de las condiciones ergonómicas en la PSA.</i>	95
<i>Anexo 3. Imágenes reales de la unidad de proceso y la PSA.</i>	97
<i>Anexo 4. Modelado 3D en SketchUp pro 2020 de plataformas existentes en la PSA.</i>	101
<i>Anexo 5. Modelado 3D en SketchUp pro 2020 para propuesta de nuevas plataformas de circulación elevada en la PSA.</i>	104

1 Introducción

La Refinería de Cartagena es uno de los dos complejos industriales y de refinación de Ecopetrol s.a, vital para la industria, la economía, la seguridad energética y la producción de combustibles limpios en Colombia.

Entre los años 2015 y 2016 entró en operación la nueva refinería de Cartagena, luego de pasar por un proyecto de modernización que le permitió aumentar su capacidad de carga de 80 mil hasta 150 mil barriles diarios, logró también aumentar su conversión y pasó de una transformación de 74% a una de 97,5% de un barril de crudo en productos valiosos, para convertir el 2,5% restante en coque y azufre, que se utilizan en industrias siderúrgicas y de agroquímicos, respectivamente.

Los combustibles que produce la Refinería de Cartagena son los más limpios de la historia de Colombia; el Diésel de exportación de hasta 10 ppm, cumple las más exigentes normas internacionales, y la gasolina está entre 80 y 100 ppm de azufre, cuando la norma exige que sea de 300 ppm, lo que quiere decir que se producen combustibles con especificaciones de calidad que están incluso por encima de la exigencia nacional e internacional. (Refinería de Cartagena S.A.S www.reficar.com.co, 2015).

Esto sucede gracias a los procesos de hidrotratamiento con hidrógeno de las unidades de Hydrocracking, hidrotratamiento de Diesel e hidrotratamiento de Naftas principalmente.

La refinería de Cartagena, se caracteriza no solo por aprovechar al máximo la mayoría de las corrientes de procesos que requiere para su operación normal, sino también por producirlas, es por ello que existe una interrelación entre diferentes unidades de procesos, la operación de unas unidades depende del abastecimiento o estabilidad de otra, relacionándose como cliente,

emisor, receptor, o simplemente requiriendo un producto, corriente o servicio determinado que otra produce.

Gracias al proyecto de modernización de la refinería, la interrelación se da entre 34 unidades de procesos, dos de las cuales son llamadas unidades de generación hidrogeno, dichas unidades están compuestas por varias secciones y una de estas, es la sección de purificación de hidrógeno, conocida más comúnmente como PSA, por sus siglas en inglés (Pressure Swing Adsorption), este bloque de proceso es fundamental para la operación normal de la refinería, dado que allí se logra la pureza del hidrógeno alrededor de 99.99%, indispensable para los procesos de hidrotratamiento. (Refinería de Cartagena, 2020).

Por todo lo anterior, por la relevancia que tiene esta sección de proceso (PSA) de las unidades de generación de hidrogeno para el funcionamiento normal de la refinería y por las condiciones de ergonomía allí presente, se ha escogido esta unidad de proceso para desarrollar la propuesta de mejora ergonómica y de movilidad en las PSA, con la cual se pretende brindar una solución permanente a las dificultades referentes al acceso y circulación del personal que allí labora.

2 Planteamiento del Problema

2.1 Antecedentes del Problema

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) la Ergonomía se define como:

Ciencia que trata de obtener el mayor rendimiento, disminuyendo los riesgos de error humano a un mínimo, al mismo tiempo que trata de reducir la fatiga y eliminar, en tanto sea posible, los peligros para el trabajador; dichas funciones se realizarán con la ayuda de los métodos científicos y considerando al mismo tiempo, las posibilidades y limitaciones humanas debidas a la anatomía, fisiología y psicología. (Saavedra, s.f.).

El concepto anterior, describe perfectamente lo que en términos generales se pretende lograr con la propuesta de mejora ergonómica y movilidad en las PSA y pone de manifiesto los escenarios para los antecedentes que han dado origen a la ejecución de este proyecto, dentro de los cuales podemos destacar los siguientes:

Cada vez que se requiere intervenir, ya sea por parte de operaciones y/o personal mantenedor los equipos, instrumentos y componentes de esta sección de proceso, se hace evidente las dificultades e incomodidades para el acceso y permanencia del personal en el área, en la mayoría de las ocasiones se incumple la normativa de acceso a las plataformas de trabajo, dado que la altura de las mismas superan los 1.5 metros, lo que obliga a cumplir la reglamentación para el control de trabajos en altura, haciendo uso de equipos de protección contra caídas y diligenciando la documentación pertinente, esto en ocasiones resulta complejo, debido a los tiempos de respuesta oportuna a los eventos operacionales y la disponibilidad del personal que diligencia los formatos y emite las autorizaciones.

Por tanto, una de las formas de contrarrestar dicha situación es eliminando el peligro que lo ocasiona, en este caso, no es otro más que la altura, no por la altura de las plataformas de trabajo, sino por la forma de acceder a ellas a través de escaleras verticales (Ministerio del trabajo, 2012).

En junio del año 2019, un trabajador de la especialidad de metalmecánica se disponía a realizar cambio de una válvula de control en la PSA, mientras ascendía por la escalera vertical de la plataforma de trabajo, resbaló en uno de los peldaños de ésta, y sufrió un leve golpe en la rodilla izquierda.

En enero del año 2020 un operador que permanecía en la plataforma de trabajo, recibió un llamado para atender un equipo en otra sección de proceso y mientras descendía fue impactado en la mano derecha por la guarda de protección de la plataforma.

En mayo del año 2020, un operador de la unidad después de bajar y subir varias veces a las plataformas de trabajo, en uno de sus movimientos fue impactado en la cabeza a la altura de la oreja izquierda por un tubo de andamio adaptado para soportar el arrestador de caída instalado sobre la escalera vertical, este golpe le produjo un leve corte detrás de la oreja.

En concordancia con lo anterior, se podrían nombrar otros eventos y situaciones adversas determinadas por la disposición del sitio de trabajo, sin embargo, los antecedentes no solo tienen ese enfoque y por ello, en lo que respecta a la protección de la salud, la propuesta de mejora Ergonómica se considera una buena opción para reducir o evitar las enfermedades ocasionadas por el trabajo, entendiendo que muchas de las enfermedades que aparecen en las personas de mayor edad, no son causa del envejecimiento del cuerpo, sino son las consecuencias de un sin número de sobre esfuerzos, fatiga y estrés acumulado, ocasionadas por posturas antinaturales, movimientos repetitivos o no adecuados, exposiciones a ruidos, vibraciones, entre otras, que con

el paso del tiempo afectan al organismo y quebrantan la salud física y mental de los trabajadores. (Herrera, s.f.).

2.2 Descripción del Problema

Las unidades de generación de hidrogeno de la refinería de Cartagena producen 50 millones de pies cúbicos estándar día de hidrogeno al 99.99% de pureza, que suministran al cabezal general de la refinería, de donde es tomado por las unidades que lo requieran para sus respectivos procesos, esta unidad está compuesta por los siguientes bloques con su respectiva secuencia: compresión y precalentamiento de la carga, desulfurización, reformado con vapor, recuperación de calor y generación de vapor, conversión de CO a CO₂ y finalmente el bloque de purificación de hidrogeno, conocido como PSA (Pressure Swing Adsorption), donde se logra la mayor pureza del hidrógeno mediante cinco ciclos de operación denominados Adsorción, despresurización, despresurización en contra corriente, Purga y Re presurización; el bloque en mención (PSA) está compuesto por 10 tambores verticales de igual capacidad y un tambor auxiliar de capacidad tres veces mayor, 57 válvulas de control, 12 válvulas de seguridad, 17 transmisores de presión, 4 transmisores de temperatura, 11 indicadores locales de presión, indicadores locales de temperatura, 25 válvulas manuales principales y 11 plataformas fijas de trabajo a las cuales se accede a través de 22 escaleras verticales con altura promedio de 2 metros. Como se puede notar, la PSA posee un gran número de componentes, instrumentos y equipos, a los que se requiere acceder para ser intervenidos por el personal operativo y mantenedor mediante el desarrollo de las prácticas de rondas estructuradas, el mantenimiento preventivo y los eventos de atención inmediata.

Las rondas estructuradas son una práctica establecida dentro de la operación estructurada de Ecopetrol s.a, que tiene como objeto garantizar la confiabilidad de los equipos, evitar la salida de servicio no programada de las unidades de proceso, así como el control y mitigación integral de los riesgos; esta práctica establece la realización de recorridos de monitoreo y toma de datos de diferentes variables, como presión, nivel y temperatura, con una frecuencia de 4 veces por día o dos veces como mínimo durante el turno de 12 horas operativas, lo que se traduce en 22 ascensos y descensos por turno de las plataformas de trabajo a través de escaleras verticales, como muestra la tabla 1.

El mantenimiento preventivo en las PSA se realiza de manera semestral, con una frecuencia de 20 ascensos y descensos por mantenedor para intervenir 2 transmisores de presión, 2 indicadores de presión y 11 válvulas de control, que hacen parte de la instrumentación de una de las cinco (5) parejas de tambores de la PSA.

Dentro de los eventos de atención inmediata, originados por fallas repentinas de equipos o instrumentos, se establece una frecuencia aproximada de atención semanal de uno de los instrumentos, traducido en 2 ascensos y 2 descensos por mantenedor, acompañado siempre del operador del área.

Tabla 1. Frecuencia de ascensos y descensos de escaleras verticales.

Práctica	Frecuencia	No. de ascenso y descenso de escaleras verticales
Rondas estructuradas	2 veces en turno de 12 horas	22
Mantenimiento preventivo	Semestral	20

Fuente: Elaboración propia.

Basado en lo anterior y en las características propias del sitio, es importante mencionar que todos los trabajos realizados sobre las plataformas fijas de la PSA son considerados como trabajos en altura, esto está definido por la manera de acceder a las plataformas elevadas de circulación mediante escaleras verticales, para ello, Ecopetrol s.a tiene establecido que todos los trabajos realizados a una altura superior a 1.5 metros por encima y por debajo del nivel del piso, son considerados como trabajos en altura, por lo cual se deben aplicar todos los procedimientos y protocolos que aseguren dichas actividades, alineado con la resolución 1409 de 2012 del ministerio de trabajo “Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas”. En consecuencia, muchos trabajos toman más tiempo de lo requerido para su ejecución, debido a que se hace más complejo el alistamiento de las actividades en cuanto a equipos de protección contra caídas y la gestión documental de formatos, certificados de apoyo y autorizaciones requeridas para los trabajos en alturas.

De modo idéntico, es indispensable destacar que en la sección de purificación de hidrogeno (PSA), existen peligros ergonómicos que se traducen en complejidades de movilidad, circulación y transito libre, que constituyen escenarios de riesgo para la integridad del personal y la estabilidad de las unidades de proceso, relacionados con riesgos de caídas, golpes, machucones y con la imposibilidad de atender de manera oportuna cualquier evento operacional del proceso, constituyéndose así como el problema fundamental de este proyecto, basado en las dificultades que tiene el personal para ir de una plataforma a otra al tener que descender por una

escalera vertical y ascender por otra cada vez que se requiere estar en una plataforma de trabajo diferente, condición que hace que el personal se fatigue, se exponga a caídas y lesiones físicas, especialmente en eventos de emergencia operacional.

2.3 Formulación del Problema

¿Cómo mejorar los accesos y las condiciones de movilidad que influyen en el desarrollo de actividades propias de operación y mantenimiento de la PSA?

3 Justificación

Ecopetrol s.a, dada su naturaleza es una empresa considerada de alto riesgo en muchas de sus actividades, por ello tiene la responsabilidad de implementar todo tipo de medidas y controles con los cuales se garantice proteger no solo sus procesos, el medio ambiente y la infraestructura, sino fundamentalmente la integridad de todas las personas involucradas directa e indirectamente en sus operaciones, dichos controles son efectuados desde el diseño mismo de las plantas de producción, sin embargo, estos no siempre cumplen todas las exigencias requeridas y necesarias para que el personal laborante desempeñe sus actividades dentro de un entorno seguro, por tal motivo en ocasiones se hace necesario la implementación de reingenierías e iniciativas, que apunten a mejorar las condiciones ergonómicas y los ambientes de confort y seguridad del trabajador.

Dentro de estas iniciativas surge entonces la necesidad de la propuesta de mejora de acceso y movilidad, con el objeto de lograr un espacio y ambiente con atributos que favorezcan la salud, que brinde la opción de un ascenso seguro a las plataformas de trabajo o de ser posible se elimine la condición de trabajo en altura, de tal manera que pueda implementarse y ser

acogida en el departamento de hidrotratamiento y que al satisfacer las condiciones ergonómicas de operadores y mantenedores, se convierta en un aporte valioso para la refinería en general y se pueda mostrar como ejemplo a replicar en otras plantas de proceso que padecen de situaciones similares.

La propuesta de mejora pretende plantear diferentes alternativas para minimizar la exposición a riesgos de caídas y fatiga del personal, considerando la eliminación de las 22 escaleras verticales, suprimiendo el uso de equipos de protección contra caídas y descartando el mantenimiento al que deben ser sometidos los arrestadores de caídas instalados en las escaleras verticales, al tiempo que se garantice que la movilidad del personal operativo y mantenedor sea más cómoda y segura.

Por otro lado, el desarrollo de este proyecto permitirá fortalecer el espíritu investigativo, y contribuir de manera dinámica en la generación de ideas innovadoras que tengan auge, tanto en la compañía, como en la formación integral de los estudiantes, cumpliendo así con el objetivo de la universidad Antonio Nariño, al implementar esta actividad (Semillero - Energy UAN) para la adquisición de conocimientos e incentivo a los estudiantes, a adoptar una cultura investigativa y generativa de ideas que permitan resolver necesidades que se puedan presentarse en los puestos de trabajo, las empresas, la comunidad o la sociedad misma.

En la misma línea, con la ejecución de este proyecto se puede lograr un impacto positivo a la sociedad, enmarcado en: la reducción de los riesgos a los cuales está sometido el trabajador, la prevención de accidentes y enfermedades que podrían ser ocasionadas por el tipo de trabajo y por las características de fatiga y estrés propias del lugar, lo que se traduce en bienestar y en salud para los trabajadores, por consiguiente sus familias podrán compartir con una persona en un mejor estado físico y emocional después de la jornada laboral.

Finalmente, se lograría un impacto positivo tanto en lo económico, ergonómico, en HSE e incluso en la productividad, ya que el personal operativo podrá responder de manera oportuna y con menor esfuerzo a cualquier evento operativo que suceda, evitando de esta forma la salida de servicio de la unidad de proceso y que con ello salgan de operación otras unidades que dependen de la estabilidad de las plantas de generación de hidrogeno, lo cual es una razón más que importante, debido a que la no disponibilidad de las unidades de proceso afecta directamente el margen de la refinería y la economía de la misma.

4 Objetivos

4.1 General

Proponer alternativas de mejora para las condiciones de acceso y movilidad presentes en las PSA de las unidades de generación de Hidrógeno en refinería de Cartagena.

4.2 Específicos

Diagnosticar las condiciones de acceso y movilidad existentes en la operación y mantenimiento de la PSA.

Plantear alternativas de mejora para disminuir los riesgos ergonómicos, de accesibilidad y asociados a trabajos en altura en la PSA.

Seleccionar alternativa de mejora de acceso y movilidad, que permita disminuir en un 50% la carga dinámica en el personal y reducir en un 60% el uso de elementos de protección personal (EPPs) para trabajos en alturas.

5 Marco de Referencia

5.1 Antecedentes

Los antecedentes referentes a la propuesta de mejora de acceso y movilidad en la PSA, se enmarcan en temas de ergonomía, trabajos en altura, accidentes de trabajo en altura y los riesgos psicosociales en los puestos de trabajo.

5.1.1 *Antecedentes de la Investigación en Español*

Los autores Torres Laborde José Luis y Jaramillo Naranjo Olga Lucís en su libro “Diseño y análisis del puesto de trabajo: herramientas para la gestión del talento humano” publicado en el año 2014, en su introducción argumentan que la aplicabilidad de la ergonomía está dada en el diseño de las máquinas, del trabajo y su ambiente a fin de adaptarlo al trabajador, donde se estudia el trabajo como un sistema de información hombre-máquina; con este enfoque se puede decir que es importante el ambiente o el entorno en que el trabajador ejerce sus actividades y por consiguiente es un buen aporte para el objeto del proyecto (Jose Torres, 2014) .

Alberto Alonso, director general de Osalan, participo en la jornada técnica “Trastornos Músculo-Esqueléticos. Un paso más allá de la valoración ergonómica” publicado en la página web Prevensonar.com en 2017, donde se concluyó que: más del 50% de los accidentes del trabajo en el país vasco se deben a sobreesfuerzos.

“Los trastornos músculo-esqueléticos son la enfermedad laboral más frecuente”, en este evento se consideró que la mayoría de las faltas de los trabajadores a las jornadas laborales se deben a este tipo de trastornos, también se dieron datos estadísticos del número de accidentes incapacitantes dejados por estos trastornos durante el año 2015 y la importancia de asumir la

gestión adecuada de los mismos para los años siguientes, por lo que representa para la salud y seguridad en el trabajo (Alonso, 2017).

Osalan, Instituto Vasco de Seguridad y Salud Laborales, concepto y descripción de ergonomía laboral, definido como la adaptación del puesto de trabajo a la persona, tanto en lo físico como en lo psíquico. La Ergonomía y psicología laboral, en un principio estuvo vinculada más a la productividad que a la prevención; perseguía adaptar lo más posible el trabajo a las personas para que fuera más llevadero, menos lesivo, pero sobre todo más productivo, este concepto data desde el siglo XX y se consolida como uno de las cuatro disciplinas básicas de la prevención de riesgos laborales, junto con la seguridad, la higiene industrial y la medicina del trabajo (Osalan, 2011).

José Tamborero del Pino, Ingeniero Industrial, guías de buenas prácticas NTP 404: Escaleras fijas, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España.

Las escaleras fijas son origen de un gran número de accidentes laborales, principalmente caídas a distinto nivel, representando aproximadamente el 5 % del total de accidentes anuales registrados en España. A pesar de esta estadística, estas escaleras son ampliamente más seguras que las escaleras de mano o escaleras verticales, muchos de los accidentes ocurridos en éstas tienen sus orígenes en el tránsito descuidado a través de ellas, hay reglas que deben cumplirse para el uso correcto de escaleras, una de estas reglas está relacionada con los tres puntos de apoyo que una persona debe adoptar cuando hace uso de escaleras, sin embargo se hace caso omiso a dichas reglas y se termina cometiendo la imprudencia de llevar las manos ocupadas o no dispuestas para el uso de pasamos, que podrían evitar en gran medida la ocurrencia de caídas y accidentes incapacitantes e incluso fatales (pino, s.f.).

5.1.2 Antecedentes de la Investigación en inglés

5.1.2.1 Human-Factors Engineering, Also Called Ergonomics or Human Engineering

El término ingeniería de factores humanos se utiliza para designar igualmente un cuerpo de conocimientos, un proceso y una profesión. Como cuerpo de conocimiento, la ingeniería de factores humanos es una colección de datos y principios sobre las características, capacidades y limitaciones humanas en relación con las máquinas, los trabajos y los entornos. Como proceso, se refiere al diseño de máquinas, sistemas de máquinas, métodos de trabajo y entornos para tener en cuenta la seguridad, la comodidad y la productividad de los usuarios y operadores humanos. Como profesión, la ingeniería de factores humanos incluye una variedad de científicos e ingenieros de varias disciplinas que se preocupan por las personas y los grupos pequeños en el trabajo (Chapanis, 2018).

5.1.2.2 Nacional Safety Compliance

Resbalones, tropiezos y caídas; Caídas de un Nivel Elevado, además de las caídas a nivel de piso, existen también las caídas de un nivel elevado, las mismas que ocurren con menor frecuencia, pero que por lo general generan lesiones más severas, algunas de las causas incluyen caídas de escaleras, edificios, plataformas, vehículos y otras estructuras, las consecuencias suelen ser por lo menos incapacitantes, lesiones serias o incluso pueden provocar la muerte (Compliance, s.f.).

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Mejora Continua

El mundo empresarial moderno requiere cada vez mayores exigencias enmarcadas en los sistemas de calidad, la protección al medio ambiente y en salud y seguridad en el trabajo. Estas exigencias consolidan los métodos y sistemas de gestión para evitar incurrir en la generación de

impactos ambientales, accidentes y enfermedades laborales, definidos como indicios de una mala ejecución de los procesos dentro una organización o funcionamiento anormal de los mismos, que impiden alcanzar la competitividad óptima de las empresas.

Una respuesta acertada a la implementación de los sistemas de gestión es la aplicación de la metodología del ciclo PHVA, la cual se desarrolla a través de cuatro componentes: planear, hacer, verificar y actuar.

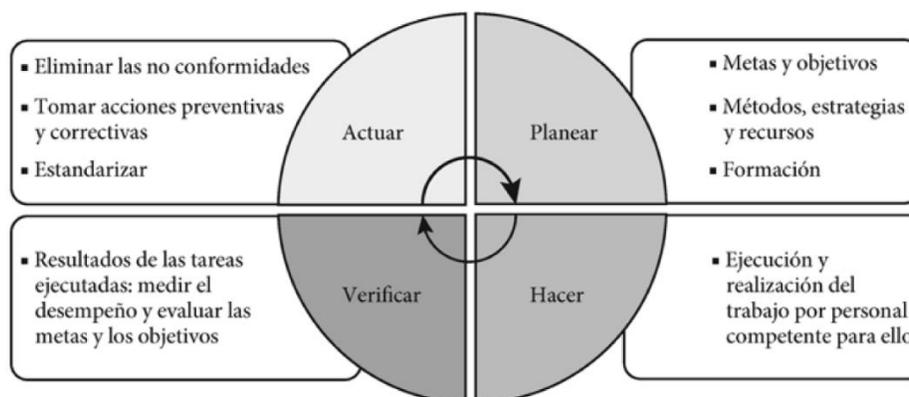
Planear: proceso mediante el cual se definen objetivos y políticas, asegurando los medios, herramientas y recursos, a través de bienes, servicios y procesos internos que cumplan con las expectativas de los clientes, articulando la misión, visión y los valores empresariales; permitiendo realizar los preparativos para cumplir con las metas de calidad establecidas obteniendo el mejor producto o servicio, promoviendo la participación, compromiso y liderazgo de todo el personal.

Hacer: se ejecutan las actividades planeadas, se interrelacionan todos los procesos con el fin de responder a las exigencias internas y externas de la organización para cumplir con un fin específico dados los requerimientos de los clientes.

Verificar: permite establecer una comparación entre lo planeado y los resultados obtenidos, para medir y corregir las actividades acordes a los objetivos fijados por la dirección general de la organización.

Actuar: es el componente del ciclo PHVA en el que se toman decisiones enfocadas en el cumplimiento de los objetivos planteados, permite tomar acciones para asegurar las metas y facilita el análisis de las desviaciones con el fin de garantizar la no incurrancia de los mismos errores en ciclos posteriores (Zapata Gómez, 2020).

Figura 1. Despliegue del ciclo PHVA



Nota: el gráfico representa el círculo de Deming. Tomado de Ciclo de calidad PHVA (p. 17), por A. Zapata, 2020, editorial Nacional de Colombia.

5.2.1.1 Maestros de la Mejora Continua

Con el trasegar de los años la mejora continua ha ido evolucionando, encontrando sus orígenes en los años 1930, siendo el precursor el señor Walter A. Shewhart introduciendo el ciclo PHVA, pasando por diferentes maestros o gurús que introdujeron sus conocimientos y teorías, tal como se señala en la tabla No 2.

Tabla 2. Maestros de la calidad

Maestro	Año	Acontecimiento	Descripción
Walter A. Shewhart	1930	Precursor del ciclo PHVA o espiral de mejora continua	Estrategia que permite potenciar la competitividad de una organización a través de la optimización de la productividad, reducción de costos y

			mejora continua de la calidad que conllevan al aumento de su rentabilidad.
Williams Edwards Deming	1950	Implementa las ideas desarrolladas por Shewhart, haciendo uso de la calidad total de procesos y Kaizen	Luego de la segunda guerra mundial en Japón, Deming promovió y aplicó el ciclo PHVA.
Armand Feigenbaum	1956	Transmite a los japoneses la base estructural del ciclo PHVA logrando el fortalecimiento del control total de calidad en 1986	Mediante su trabajo anexa los principios de mercadotecnia, ingeniería, mantenimiento y fabricación para mejorar la calidad
Philips Crosby	1979	Muestra teoría relacionadas con las 5S con sus 14 pasos y principios de cero defectos.	Define su teoría de cero defectos en el concepto específico de la calidad basado en el cumplimiento.
Joseph M. Juran	1985	Introduce los conceptos de la trilogía de calidad y costos de la calidad	Planeación, control y mejora de la calidad.
Kaoru Ishikawa	1985	Desarrolla las siete herramientas estadísticas y los círculos de la calidad e incluye la ingeniería de procesos	Potencia el desarrollo del trabajo en equipo, además de incluir las siete herramientas: diagrama de Pareto, diagrama de causa efecto, hojas de verificación, gráficas de control, histogramas, diagrama de flujo y

Fuente: Tomado de Ciclo de calidad PHVA (p. 17), por A. Zapata, 2020, editorial Nacional de Colombia.

5.2.1.2 Esquema cíclico de capas de protección bajo el ciclo PHVA en Ecopetrol

Muchas de las actividades desarrolladas en Ecopetrol involucran riesgos que requieren sean gestionados, para ello, se implementa el ciclo PHVA y se desarrolla a través de capas de protección, empezando desde la capa más pequeña y trasladándose hacia capas superiores de acuerdo a su complejidad, buscando siempre una respuesta de parte del responsable o responsables de la gestión en cada etapa.

Figura 2. *Gestión del riesgo en higiene y ergonomía por capas de protección*



Nota: El gráfico representa la relación entre el esquema de protección y gestión a los factores de riesgo y ergonomía. Tomado de procedimiento de Higiene y Ergonomía para la

evaluación, intervención de tareas y diseño de puestos de trabajo en Ecopetrol S.A (p. 04), por J. Gil, 2018, Gerencia HSE.

5.2.2 Salud Ocupacional

La salud y el trabajo están íntimamente relacionados o unidos, sus concretas realidades sociales coinciden en un estado de cambios permanentes, que ocasionan circunstancias que favorecen o no la salud de los trabajadores. Con el transcurrir del tiempo se ha evolucionado en la forma de trabajar y con ello también ha evolucionado la manera como se afecta positiva o negativamente la salud de las personas por causa del trabajo.

El desarrollo de la humanidad ha dependido en gran parte del trabajo, y éste sin duda influye en la salud de los trabajadores, sus particularidades determinan los distintos tipos de enfermedades y con ello la calidad de vida, normalmente afectada por condiciones indirectas como las salariales, que impiden el normal desarrollo de los trabajadores, logrando que éstos sean más susceptibles a enfermedades y accidentes; en segundo lugar están las condiciones directas, determinadas por las características propias del entorno laboral, tales como contaminantes en los sitios de trabajo, jornadas laborales extensas y ritmos de trabajo rápido, repetitivos e inadecuados.

La salud ocupacional se define como el conjunto de actividades orientadas a la promoción de la calidad de vida de los trabajadores, a través de identificación temprana, tratamiento oportuno, rehabilitación, readaptación laboral y la atención de las contingencias asociadas a los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales (ATEP), por medio del mantenimiento y mejoramiento de sus condiciones de vida.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Salud ocupacional se define como “el proceso vital humano no solo limitado a la prevención y control de los accidentes y las enfermedades ocupacionales dentro y fuera de su labor, sino enfatizado en el reconocimiento y control de los agentes del riesgo en su entorno biopsicosocial”¹.

Otra definición o concepto expresado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es: “tratar de promover y mantener el mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores de todas las profesiones, prevenir todo daño causado a la salud de estos por las condiciones de su trabajo, protegerlos en su empleo contra los riesgos resultantes de la presencia de agentes perjudiciales a su salud, colocar y mantener al trabajador en un empleo adecuado a sus actividades fisiológicas y psicológicas, en suma, de adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo”¹.

5.2.2.1 Historia de la Salud Ocupacional en Colombia

Las primeras propuestas sobre la salud ocupacional en Colombia se presentaron a comienzos del siglo XX.

En 1904, el general Rafael Uribe Uribe, planteó una política orientada a la seguridad de los trabajadores, que incluía asistencia a ancianos caídos en la miseria por la disminución de su capacidad para trabajar, leyes sobre accidentes de trabajo y protección del niño, jóvenes y mujeres trabajadoras, así como la obligatoriedad para los patronos a preocuparse de la higiene, el bienestar y la instrucción gratuita de los desamparados.

¹ Álvarez, F. (2011). Salud ocupacional. Ecoe Ediciones.
<https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/69028?page=43>.

Luego en 1910, el general Rafael Uribe Uribe, solicitó indemnización para trabajadores víctimas de accidentes de trabajo, tomando como referencia los soldados lisiados caídos en los campos de batalla, a quienes sí se les indemnizaba; cuestionando ¿por qué no se le indemniza al trabajador que pierde su capacidad laboral en su batalla diaria por la vida?

Seguido a los cuestionamientos del General Rafael Uribe Uribe sobre la protección a los trabajadores surgió en Colombia una serie de normas y lineamientos basados en los principios de lo que actualmente se conoce como salud ocupacional. En la tabla 3 se muestra la evolución de la salud ocupacional en Colombia.

Tabla 3. Sucesos importantes en la evolución de la salud ocupacional en Colombia

Año	Acontecimiento
1904	El general Rafael Uribe Uribe, planteó la primera política orientada a la seguridad de los trabajadores.
1910	El general Rafael Uribe Uribe, solicitó indemnización para trabajadores víctimas de accidentes de trabajo.
1915	El congreso aprobó la ley 57 de 1915, obligando a los empleadores a otorgar asistencia médica, farmacéutica y pagar indemnizaciones en caso de incapacidad o muerte de los trabajadores.
1934	Creación de la oficina de Medicina Laboral e Higiene Industrial incorporada al Ministerio de Trabajo.
1935 y 1936	Se establece la legislación laboral, donde se habla de los riesgos del trabajo, que empezaría a regir como Ley en 1936.
1938	Se otorgó protección a la mujer embarazada mediante la ley 53, dando derecho a 8 semanas de licencia remunerada en época del parto.
1946	Se fundó La Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo y ha desarrollado permanentemente labores importantes de promoción de la medicina del trabajo.

Nota: Elaboración propia, tomado de Henao Robledo, F. (2010). Salud ocupacional: conceptos básicos (2a. ed.). Ecoe Ediciones.

5.2.2.2 Programa de Promoción y Prevención en Salud Ocupacional en Ecopetrol S.A

Los programas de promoción y prevención en Ecopetrol S.A están enfocados en evitar las enfermedades y lesiones laborales, a través de dos tipos de prevención, denominados: prevención primaria y prevención secundaria, la primera está orientada a la identificación, eliminación o control de los peligros y las tensiones potenciales mediante cambios en el puesto de trabajo, la segunda (prevención secundaria) se refiere a los elementos de protección personal de los trabajadores en circunstancias donde la gestión de los peligros del puesto o lugar de trabajo no permiten su eliminación, también están incluidas en éstas los llamados controles médicos periódicos realizados a los trabajadores, que para el caso de Ecopetrol S.A, se realizan anualmente, esto incluyen la recertificación en actividades puntuales como trabajos en altura, a través del apto médico que avala a las personas para que puedan realizar sus actividades en condiciones saludables o emitiendo las respectivas restricciones cuando así se requiera.

La implementación de los programas de promoción y prevención implican un “alto costo económico” para las empresas, que se justifica con la prevención de enfermedades e incapacidades evitables, el absentismo asociado, el buen estado de salud y el bienestar de los trabajadores, la ejecución efectiva de los programas de prevención reducen los pagos de servicios y seguros médicos de asistencia sanitaria por enfermedades profesionales, que de ser identificadas y atendidas de manera oportuna podrían evitarse.

El componente de promoción y prevención en el puesto de trabajo está inmerso en los programas de higiene industrial, ergonomía y riesgo psicosocial, como parte del sistema de vigilancia epidemiológica ocupacional, cuyo foco no es único hacia los trabajadores, sino que interviene, además, los puestos de trabajo con el fin de reducir al mínimo o mitigar las exposiciones.

Los objetivos fundamentales de los programas de promoción y prevención son:

Sensibilizar a la plantilla de trabajadores sobre la importancia de seguir las recomendaciones para los controles a riesgos definidos para los componentes de salud ocupacional.

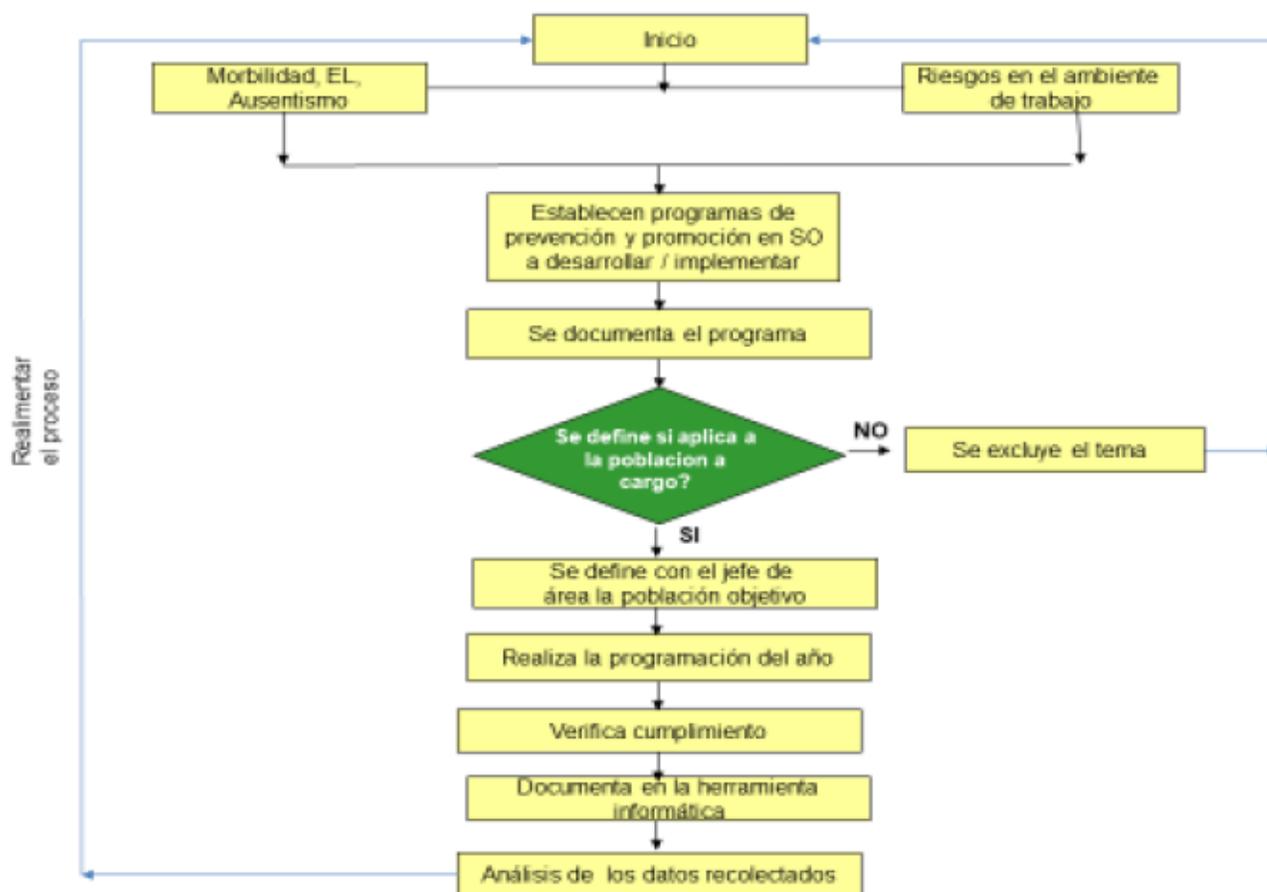
Asegurar acciones de atención oportuna para evitar enfermedades profesionales.

Fortalecer los comportamientos seguros y saludables de los trabajadores.

Fomentar en el trabajador la toma de decisiones para el control del riesgo laboral, mediante el conocimiento adquirido.

En línea con lo anterior, es de vital importancia mencionar el esquema de toma de decisiones, acorde con la gestión pertinente de los riesgos, que pueden estar asociados a la salud individual del trabajador o al ambiente o puesto de trabajo, ver figura 3.

Figura 3. Flujograma de decisión.



Nota: El esquema representa los pasos a seguir para la gestión del riesgo determinado.

Tomado del programa de promoción y prevención en salud ocupacional en Ecopetrol S.A (p. 04), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

5.2.2.3 Aspectos en promoción y prevención en salud ocupacional, con enfoque en el trabajador.

Existen diferentes programas de promoción y prevención en salud ocupacional de acuerdo al peligro relacionado, dentro de los peligros ergonómicos, se destacan los programas de

pausas activas y autogestión en ergonomía, ambos dirigidos a todos los trabajadores, también se cuenta con el programa de transferencia de conocimientos en salud ocupacional, dirigido a trabajadores que lideran temas de salud ocupacional (COPASOS, líderes de proyectos, personal HSE) y asociados con peligros físicos, químicos, biológico, ergonómico y psicosocial.

5.2.3 Ergonomía

La definición de ergonomía está enmarcada en un principio fundamental, que tiene que ver con adaptar el puesto de trabajo al hombre y no el hombre al puesto de trabajo, buscando minimizar los sobreesfuerzos y la fatiga.

Comúnmente se define la ergonomía como la ciencia del trabajo, con interacción directa de la anatomía, la fisiología y la psicología. Son amplias e innumerables los conceptos de ergonomía, debido a los fines, principios y contextos en los que se le examine, sin embargo, se traen a colación los siguientes:

“La ergonomía es la ciencia que trata de obtener el mayor rendimiento, disminuyendo los riesgos de error humano a un mínimo, al mismo tiempo que trata de reducir la fatiga y eliminar, en tanto sea posible, los peligros para el trabajador; dichas funciones se realizarán con la ayuda de los métodos científicos y considerando al mismo tiempo, las posibilidades y limitaciones humanas debidas a la anatomía, fisiología y psicología” (Saavedra, s.f.).

Ergonomía es una ciencia multidisciplinar que estudia las habilidades y limitaciones del ser humano, relevantes para el diseño de herramientas, máquinas, sistemas y entornos. Su objetivo es hacer más seguro y eficaz el desarrollo de la actividad humana, en su sentido más amplio (Leiros, 2009, págs. 33-53).

Ergonomía significa literalmente el estudio o la medida del trabajo. El término trabajo significa una actividad humana con un propósito; va más allá del concepto más limitado del trabajo como una actividad para obtener un beneficio económico, al incluir todas las actividades en las que el operador humano sistemáticamente persigue un objetivo (Singleton, 1982).

5.2.3.1 Historia de la ergonomía

La fecha oficial del nacimiento de la Ergonomía como disciplina científica es el 12 de julio de 1949 (Edholm y Murrel, 1973; Lillo, 2000; Meister, 1999; Osborne, 1995; Pereda, 1993). Ese día se fundó en Londres un grupo interdisciplinario interesado en el estudio de los problemas laborales humanos. Este grupo, dirigido por un psicólogo inglés, K.F.H. Murrel (1908-1984), y formado por un conjunto de profesionales de la Psicología, la Medicina y la Ingeniería, se denominó Human Research Society. Posteriormente, el 16 de febrero de 1950, decidieron adoptar el término Ergonomía y cambiar su nombre por el de Ergonomics Research Society, denominación que mantienen actualmente (Leiros, 2009).

El término ergonomía empezó a utilizarse alrededor de 1950, cuando las prioridades de la industria en desarrollo comenzaron a anteponerse a las prioridades de la industria militar. Singleton describe detalladamente el desarrollo de la investigación y sus aplicaciones, a lo largo de los 30 años siguientes. Algunas organizaciones de las Naciones Unidas, en especial la OIT y la OMS, comenzaron su actividad en este campo en el decenio de 1960 (Singleton, 1982).

Las fechas anteriores puntualizan los inicios del estudio de la ergonomía, sin embargo, antes de estas fechas se desarrollaron trabajos de estudios científicos sobre el tema, uno de ellos fue el libro Juan Huarte de San Juan, quien pretendió profundizar en la relación de la vocación y

capacidad de las personas con sus actividades profesionales, como herramienta para la realización de actividades seguras y eficaces

La evolución de la ergonomía ha pasado por varias etapas, en algunas de las cuales ha estado presente la psicología y con ello el estudio de los factores humanos en relación con los riesgos que enfrentan en cada labor, para finalmente evitar las llamadas enfermedades profesionales y los riesgos psicosociales en los puestos de trabajo.

5.2.3.2 Ergonomía en el trabajo

En la actualidad, un porcentaje significativo de las demandas profesionales que reciben los psicólogos, independientemente del área a la que se dediquen, son aquellas relacionadas con los factores de tipo psicosocial propios del lugar de trabajo; los que originan en los trabajadores que los padecen numerosos problemas en su salud, tanto a nivel físico como psíquico (Universidad Católica del Uruguay, 2012).

Los riesgos psicosociales se definen como aquellas condiciones presentes en el ámbito laboral, directamente relacionadas con la organización del trabajo, el contenido del trabajo y la realización de la tarea y que se presentan con la capacidad para afectar el desarrollo del trabajo y la salud del trabajador. De este modo, se conceptúa que los factores psicosociales son aquellas características del trabajo -y sobre todo de su organización- que afectan a la salud de las personas, a través de distintos mecanismos psicológicos o fisiológicos (Universidad Católica del Uruguay, 2012).

La relación de riesgos psicosociales como duración del trabajo, ritmo y actividades rutinarias, con la ergonomía, está enmarcada en las consecuencias que estas representan para los trabajadores a corto, mediano y largo plazo, en ocasiones las empresas no toman en

consideración ciertos aspectos de riesgos y estos al no ser atendidos de manera integral terminan no teniendo la relevancia que merecen, muy a pesar de las molestias que puedan estar generando en la salud de las personas. Esto es consistente con el estudio del estrés laboral causante de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, la no gestión oportuna de los riesgos psicosociales y de las mejoras ergonómicas en los puestos de trabajo, generan incluso altos costos de producción y consecuencias desfavorables en las rutinas de trabajo y en la vida misma de los trabajadores.

5.2.3.3 Ergonomía e higiene industrial en proyectos en Ecopetrol

Uno de los aspectos más relevantes para el desarrollo de proyectos en Ecopetrol, es la implementación de metodologías y principios técnicos en ergonomía e higiene industrial desde las primeras etapas de construcción de los mismos, pretendiendo siempre garantizar una adecuada interacción del personal que operará y mantendrá las instalaciones y equipos, sin que estos vean disminuidas o afectadas sus condiciones de salud y bienestar. Para tal fin existe una guía de revisión de aspectos HSE y ASP en proyectos, ver figura 4.

Figura 4. Guía de revisión de aspectos HSE y ASP en proyectos.



Nota: la figura muestra las etapas secuenciales establecidas para la revisión de los aspectos HSE y ASP en proyectos. Tomado de la guía de requerimientos ergonómicos y de higiene industrial para el diseño y adecuación de instalaciones industriales en Ecopetrol S.A (p. 03), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

5.2.4 Trabajos en altura en Colombia

Los trabajos en altura están definidos acorde con los entes que los rigen, en Colombia el ministerio del trabajo, de acuerdo a la resolución 1409 de 2012 lo define como sigue:

Todo trabajo en el que exista el riesgo de caer a una altura de 1,5 metros o más sobre el nivel inferior (Ministerio del trabajo, 2012).

Existen requisitos que deben cumplirse para realizar actividades de trabajo en alturas con riesgo de caídas, dentro de los cuales se destacan:

Obligaciones del trabajador que desempeñe labores en alturas, documentos de referencia, elementos de protección personal para trabajo en alturas, programa de prevención y protección contra caídas, medidas de prevención contra caídas, certificado de apoyo para actividades no rutinarias y rutinarias, medidas de protección contra caídas, el cumplimiento de estos requisitos evitara en gran medida la ocurrencia de accidentes de trabajo, sin embargo no siempre aplican los mismos requisitos para todas las actividades en altura, dependiendo de las condiciones puntuales de la actividad y del sitio de trabajo, así se implementaran las medidas a las que haya lugar, pero apegados a las exigencias del ministerio de trabajo, a través de la resolución 1409 de 2012.

5.2.5 Accidentes de trabajo:

¿Que son los accidentes de trabajo?

Según el artículo 115 de la Ley de Seguridad Social, “se entiende por accidente de trabajo toda lesión corporal que el trabajador sufra con ocasión o por consecuencia del trabajo que ejecute por cuenta ajena”. Esta definición legal incluye tanto las lesiones que se producen en el centro de trabajo como las producidas en el trayecto habitual entre éste y el domicilio del trabajador (Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo, 2011).

Según los previsionistas los accidentes de trabajo se definen como:

Accidente de trabajo es un suceso anormal, que se presenta de forma brusca e inesperada, normalmente es evitable, interrumpe la continuidad del trabajo y puede causar lesiones a las personas. Todos los accidentes de trabajo son evitables mediante métodos y estrategias adecuadas se podrán alcanzar niveles de riesgo tolerables (Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo, 2011).

5.2.6 Características esenciales de los accidentes de trabajo

Los accidentes de trabajo se caracterizan por la “agresividad” del agente material y la conjunción simultánea o concatenada de los distintos factores de riesgo generadores de los daños (Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo, 2011).

5.2.7 Plataformas de trabajo

El concepto de plataforma con rejillas metálicas removibles fue introducido por el grupo Visbal, hace más de 15 años nació la línea de fabricación de rejillas y peldaños con el objetivo de brindar soluciones para pisos industriales en plataformas y pasarelas de trabajo, la definición varía acorde con las utilidades y dimensiones de las mismas, así como su uso y el gran auge que han tenido a nivel industrial.

Existen varios tipos de plataformas con rejilla metálicas removibles como lo son las de tipo T antideslizantes, que están compuestas por platinas portantes y platinas de amarre, las cuales varían de altura y espesor.

Otra clase de plataforma con rejilla metálicas removibles son las de tipo T lisas que es sin muescas en las platinas portantes.

También se encuentran las plataformas con rejilla metálicas removibles tipo S, que están compuestas por platinas y varillas redondas de amarre, son más livianas y se utilizan donde la carga es menos pesada.

“Las rejillas antideslizantes están compuestas por platinas portantes y platinas de amarre, las cuales varían de altura y espesor según la carga que requieran soportar. Las platinas se cortan y troquelan mediante un proceso automatizado y posteriormente se ensamblan mediante el proceso de soldadura” (visbal, 2018).

5.2.8 *Diagrama de Causa Efecto*

Al inicio de los años 40 en la universidad de Tokio el Dr. Kaoru Ishikawa empezó a usar el diagrama causa y efecto también conocido como diagrama de Ishikawa o Diagrama esqueleto de pescado (Fish Bone Diagram).

5.2.8.1 Usos Del Diagrama Causa Efecto (BIBLIOUAN - eLibro, 1994)

- Para tomar datos de estadísticos de las causas de reclamos y de artículos defectuosos.
- Para establecer las medidas de mejoramiento.

5.2.9 *Como graficar en el diagrama causa efecto*

Paso 1. Determinar las características de calidad (efecto).

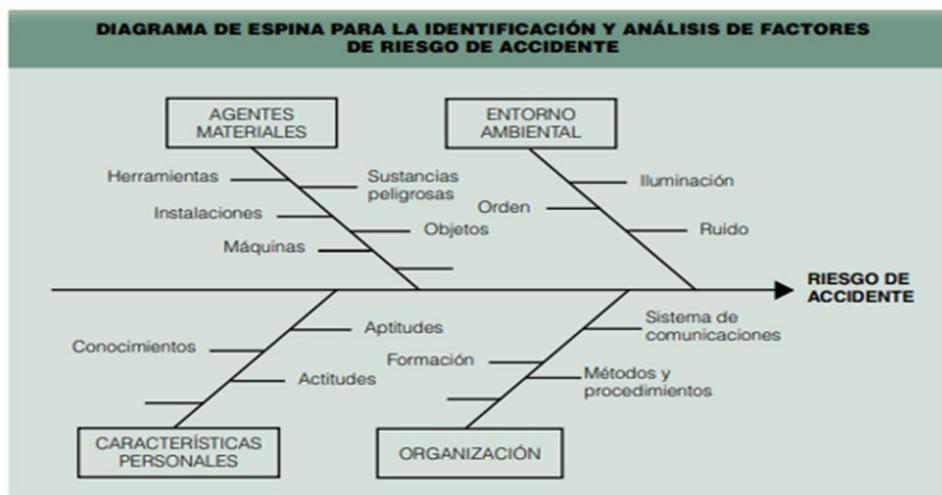
Paso 2. Dibujar una línea principal de izquierda a derecha e indicar las características de calidad en el extremo derecho.

Paso 3. Anotar las causas mayores en las ramas y luego encerrarlas en casillas.

Paso 4. Escribir las causas menores en las ramas menores.

Paso 5. Escribir el propósito por el cual se dibuja el diagrama causa y efecto, la fecha y el diagramador (BIBLIOUAN - eLibro, 1994).

Figura 5. Diagrama de Causa – Efecto



Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo, 2011)

5.3 Marco Conceptual

El Artículo 2 de la resolución 1409 de 2012 del ministerio de trabajo, incluye las siguientes definiciones referentes a trabajos en altura:

Absorbedor de choque: Equipo cuya función es disminuir las fuerzas de impacto en el cuerpo del trabajador o en los puntos de anclaje en el momento de una caída.

Acceso por cuerdas: técnicas de ascenso, descenso y progresión por cuerdas con equipos especializados para tal fin, con el propósito de acceder a un lugar específico determinado.

Anclaje: punto seguro al que pueden conectarse equipos personales de protección contera caídas con resistencia certificada a la rotura y un factor de seguridad, diseñados y certificados en su instalación por un fabricante y/o una persona calificada. Puede ser fijo o móvil según la necesidad.

Aprobación de equipos: documento escrito y formado por una persona calificada, emitiendo su concepto de cumplimiento en los requerimientos del fabricante.

Arnés de cuerpo completo: Equipo de protección personal diseñado para distribuir en varias partes del cuerpo el impacto generado durante una caída.

Figura 6. Arnés anticaída



Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo, 2011)

Ayudante de seguridad: trabajador designado por el empleador para verificar las condiciones de seguridad y controlar el acceso a las áreas de riesgo de caída de objetos o personas.

Baranda: Barrera instalada al borde de un lugar para prevenir la posibilidad de caída.

Capacitación: Toda actividad realizada en un empresa o institución autorizada, para responder a sus necesidades, con el objeto de preparar el talento humano mediante un proceso en el cual el participante comprende, asimila, incorpora y aplica conocimientos, habilidades, destrezas que lo hacen competente para ejercer sus labores en el puesto de trabajo.

Centro de entrenamiento: sitio destinado para la formación de personas en trabajo seguro en alturas. Estos centros deben cumplir con las normas de calidad que adopte el ministerio de trabajo.

Certificación de equipos: Documento que certifica que un determinado elemento cumple con las exigencias de calidad de un estándar nacional que lo regula y en su ausencia, de un estándar avalado internacionalmente.

Certificado de competencia laboral: Documento otorgado por un organismo certificador investido con autoridad legal para su expedición, donde reconoce la competencia laboral de una persona para desempeñarse en esa actividad.

Certificado de capacitación: documento que se expide al final del proceso en el que se da constancia que una persona curso y aprobó la capacitación necesaria para desempeñar una actividad laboral. Este certificado no tiene vencimiento.

Certificado para trabajo seguro en alturas: certificación que se obtiene mediante el certificado de capacitación de trabajo seguro en alturas o mediante el certificado en dicha competencia laboral.

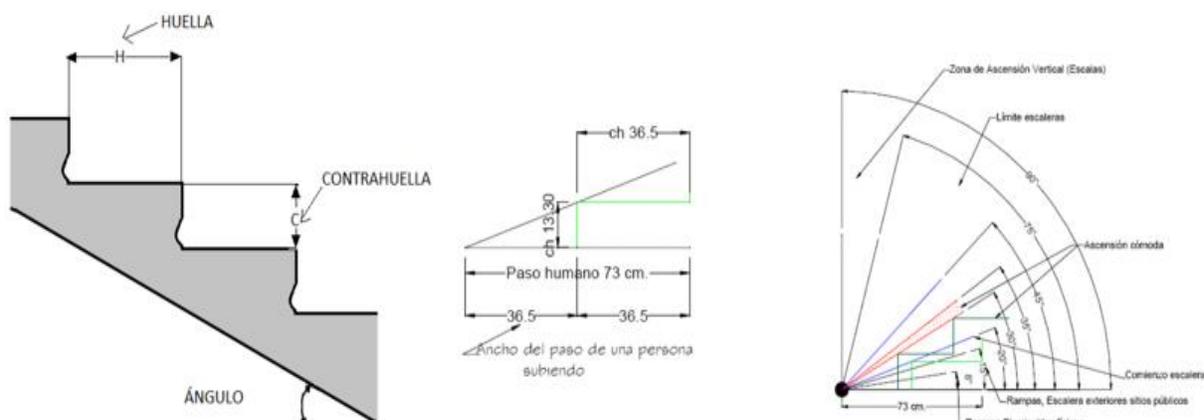
Conector: cualquier equipo certificado que permita unir el arnés del trabajador al punto de anclaje.

Coordinador de trabajo en alturas: trabajador designado por el empleador, capaz de identificar en peligros en el sitio donde se realiza trabajos en altura, relacionados con el ambiente

o condiciones de trabajo y que tiene su autorización para aplicar medidas correctivas inmediatas para controlar los riesgos asociados a dichos peligros.

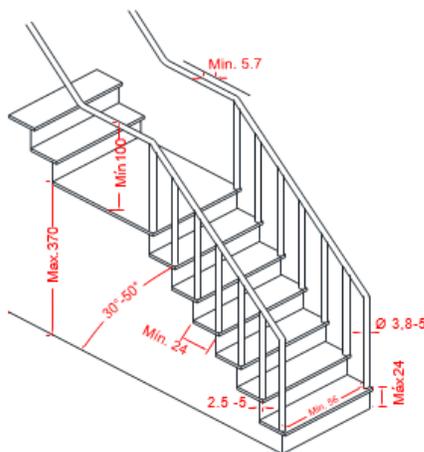
Escalera: construcción o estructura construida por una sucesión de escalones que sirve para subir o bajar de dos superficies de distinto nivel.

Figura 7. Huella, Contrahuella de una escalera, pendientes y ángulos.



Nota: Las escaleras se definen por las dimensiones de las huellas y contrahuellas. La relación entre estas define el tamaño del paso y el ángulo de la escalera. Tomado de la Guía para construcción de escaleras en Ecopetrol S.A, 2012, Gerencia HSE.

Figura 8. Dimensionado de escaleras fijas.



Nota: Tomado de la guía de requerimientos ergonómicos y de higiene industrial para el diseño y adecuación de instalaciones industriales en Ecopetrol S.A (p. 03), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

Tabla 4. Escaleras Fijas Industriales, estándar o 45°

Aspecto	Requerimiento - Dimensión
Inclinación.	Escaleras principales: 30°-50°. De servicio: 50°-70°.
Profundidad de huella (t).	Mínimo 24cm – máximo 32cm (ideal 29cm). Para escaleras de servicio mínimo 10cm.
Altura de la contrahuella (h).	Mínimo 13cm – máximo 24cm (ideal 17cm). Desviación de medida ±0,2cm. Para escaleras de servicio entre 17-30cm. El espacio entre escalones debe ser abierto.

Ancho mínimo.	56cm entre barandas (para circulación en un sentido). Para escaleras de servicio 46cm.
Pendiente lateral del peldaño	Máximo 2cm por metro.
Pendiente del peldaño en sentido adelante-atrás	0 cm.
Proyectura escalones	2,4 a 5cm.
Espacio libre al techo (calabazada).	203cm.
Espacio libre entre proyección de apertura de puerta y escalón.	Mínimo 56cm.
Resistencia.	Mínimo cinco veces la carga viva normal prevista, pero nunca inferior a una carga concentrada de 1.000 libras (454 kg) aplicada en cualquier punto.
Uso escaleras helicoidales.	Se utilizarán en tanques y estructuras similares cuando su diámetro sea mínimo 1,5 m.
Resistencia Barandas - pasamanos.	Mínimo 200 libras (90,8 kg) de carga puntual en el punto medio del travesaño superior de la baranda aplicada en cualquier dirección. Mínimo de 150 libras (667 N) de carga puntual en el punto medio del travesaño intermedio aplicada en cualquier dirección.
Altura de la baranda.	Hacia espacios que den hacia vacío mínimo un metro. Preferible mínimo desde 107cm (OSHA).
Diámetro de pasamanos	3,8 a 5cm.
Distancia de pasamanos a pared.	Mínimo 5,7cm.
Travesaños intermedios.	Distancia máxima 48 cm entre sí.
Separación entre soportes verticales	Aquella que garantice la resistencia mínima solicitada
Rodapiés.	Altura mínima 9 cm.
Altura máxima entre descansos	3,7m
Profundidad de los descansos	Mínima 76cm. Ideal 1,12m. Máximo 1,2m. La profundidad mínima equivaldrá al ancho de la escalera.
Generales	Diseñar accesos a las áreas considerando el siguiente orden de prioridad por facilidad de

	uso:
--	------

Nota: Tomado de la guía de requerimientos ergonómicos y de higiene industrial para el diseño y adecuación de instalaciones industriales en Ecopetrol S.A (p. 03), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

Líneas de vida verticales: sistemas certificados de cables de acero, cuerdas, rieles u otros materiales que debidamente anclados en un punto superior a la zona de labor, protegen al trabajador en su desplazamiento vertical (ascenso/descenso).

Plataforma: superficie horizontal plana, descubierta y elevada construida sobre otra superficie, que sirve de apoyo o base para algo (visbal, 2018).

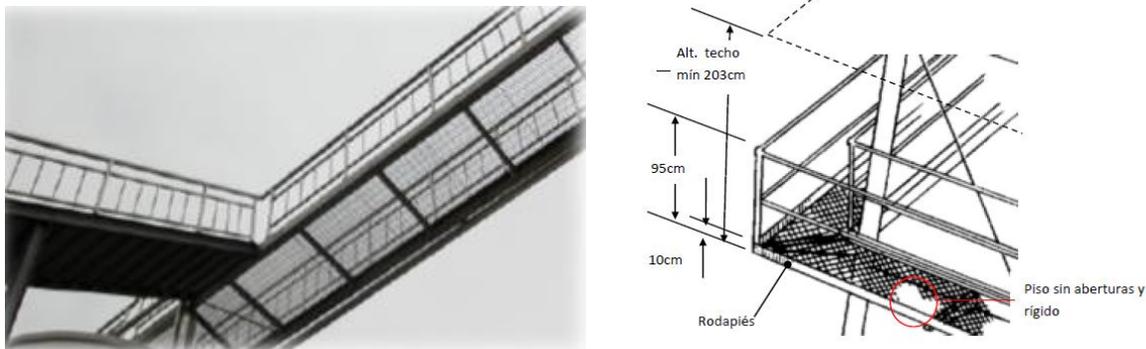
Tabla 5. Plataformas elevadas de circulación.

Aspecto	Requerimiento – Dimensión
Altura de techo	Preferible mínimo 203cm. Mínimo 185cm.
Ancho mínimo	Tener en cuenta dimensiones de espacio de circulación para plataformas/pasarelas. Mínimo 60cm para circulación de una persona. Mínimo 100cm para la circulación de dos personas. Para pasarelas de uso principal, el ancho mínimo debería ser 120cm.
Baranda pasamanos	Distancia a la pared de los pasamanos 4cm. Diámetro pasamanos 3.5 a 5cm. Resistencia mínima a fuerzas horizontales a 200lb. Altura entre 95cm y preferiblemente 110 a 120cm. Independiente de la altura, todas las

	<p>pasarelas deberían tener pasamanos, siendo obligatorio desde una altura de 50cm.</p> <p>La baranda debe tener al menos un listón de protección entre el suelo y los pasamanos con separaciones uniformes.</p> <p>Cuando la baranda coincida con el espacio necesario para retirar o hacer mantenimiento de equipos, debe ser removible.</p>
Altura Rodapiés	10cm.
Pisos	Superficies uniformes con pendiente inferior a 10°. Para tareas que involucren vehículos de ruedas de accionamiento manual: pendiente inferior a 5°.

Nota: Tomado de la guía de requerimientos ergonómicos y de higiene industrial para el diseño y adecuación de instalaciones industriales en Ecopetrol S.A (p. 03), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

Figura 9. Plataformas elevadas de circulación



Nota: Tomado de la guía de requerimientos ergonómicos y de higiene industrial para el diseño y adecuación de instalaciones industriales en Ecopetrol S.A (p. 03), por J. Gil, 2019, Gerencia HSE.

Posicionamiento de trabajo: conjunto de procedimientos mediante los cuales se mantendrá o sostendrá el trabajador a un lugar específico de trabajo en alturas, limitando la caída libre de este a 2 pies (0.60 m) o menos.

PSA: Pressure Swing Adsorption -Adsorción por oscilaciones de presión (Refinería de cartagena, 2020).

Rodapié: elemento de protección colectiva que fundamentalmente previene la caída de objetos o que, ante el resbalón de una persona, evita que esta caiga al vacío. Debe ser parte de las barandas y proteger el área de trabajo a su alrededor.

Trabajo rutinario: son las actividades que regularmente desarrolla el trabajador, en el desempeño de sus funciones.

5.4 Marco Legal y Normativo

Decreto 1072 de 2015 – Ministerio de Justicia de Colombia

El decreto único reglamentario del sector de trabajo 1072 reúne todas las normas del reglamento de trabajo, que se encontraban dispersas. El capítulo 6 (sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo SG-SST) de este decreto, se refiere entre otras a las directrices que son de obligatorio cumplimiento para los empleadores (Ministerio de justicia de Colombia, 2015).

Este proyecto acoge también lo establecido por el ministerio de trabajo, mediante resolución 1409 de 2012, por la cual se establece el Reglamento de Seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas (Ministerio del trabajo, 2012).

Contempla el uso y aplicación de normativa interna de Ecopetrol, mediante guías, procedimientos, instructivos y formatos relacionados con la salud ocupacional, higiene industrial, ergonomía y seguridad en el trabajo.

6 Marco Metodológico

6.1 Tipo de investigación

El desarrollo de este trabajo, pretende en primer lugar realizar un análisis previo de las actividades reales ejecutadas por operadores y mantenedores desde el punto de vista ergonómico, describiendo la situación presente para potenciar el desarrollo tecnológico y encaminarlo hacia resolver las problemáticas de acceso y movilidad en la ejecución de las actividades, también busca identificar los escenarios de riesgo de accidentes de los trabajadores al acceder a las plataformas de trabajo. Dadas estas condiciones, el presente proyecto se enmarca en una

investigación del tipo de estudio descriptiva, por tanto, que se describe una condición específica del entorno de trabajo sin intención de establecer relaciones causales con otros factores (GABO, 2008). De igual manera, se constituye también como una investigación del tipo explicativa por cuanto se pretende identificar los factores de riesgo ante posibles accidentes, anotando que este tipo de investigación está dirigido a encontrar las causas de algún evento (GABO, 2008).

6.2 Variables de medición

Las variables de medición ayudan a gestionar los factores de riesgo ergonómico para el personal operativo y mantenedor en la PSA, dentro de estas variables se destacan: facilidad de acceso a las plataformas de trabajo, tasa de falla de los equipos e instrumentación general de la sección, horas hombres del personal y el número de ascensos y descenso de las escaleras verticales. Con la facilidad de acceso se pretende identificar el grado de comodidad al ejecutar las actividades, la tasa de falla determina la frecuencia de atención de equipos por eventos y está relacionada con el número de horas hombres utilizadas para la atención de los mismos y esto a su vez con el número de ascensos y descensos para establecer la frecuencia de uso de las escaleras.

6.3 Recolección y análisis de datos

Para el desarrollo de los objetivos se hará uso de entrevistas a personal operativo, mantenedor, personal de confiabilidad y a profesionales en salud ocupacional.

De igual manera se llevarán a cabo encuestas a personal operativo y mantenedor de la PSA, acompañado de las observaciones de campo en la sección.

6.4 Unidad de estudio o muestra

La población y la muestra serán de 20 personas entre mantenedores y operadores que trabajan o han trabajado en la sección de purificación de Hidrogeno de la Refinería de Cartagena, localizada en el kilómetro 10 de la zona industrial de Mamonal.

Para el estudio se tendrán en cuenta las opiniones y experiencias del personal de mantenimiento de instrumentación, metalmecánica y operadores de la planta; con el apoyo de los procesos de gestión administrativa, gestión de activos y sistemas de gestión integral del riesgo.

6.5 Fases y Actividades Metodológicas

Diagnosticar las condiciones de acceso y movilidad presentes en la operación y mantenimiento de la PSA, se recopilará información utilizando el formato hoja de trabajo innovación en ergonomía de la gestión HSE para Ecopetrol; mediante entrevistas y observaciones de las actividades ejecutadas en campo por los operadores y mantenedores, se realiza encuesta para validar información de las hojas de trabajo y finalmente se utilizara un diagrama causa-efecto, por consiguiente, se hará un análisis cualitativo y cuantitativo de los hallazgos, caracterizando las condiciones ergonómicas actuales e identificando los aspectos más relevantes para encontrar las oportunidades de mejora con el análisis de los resultados.

Para continuar con el planteamiento de diferentes alternativas de propuesta de mejora, se analizarán las opciones planteadas para ascensos y descensos, consultando con expertos en riesgos ergonómicos asociados a las condiciones existentes en la PSA y se compararán e identificará la mejor alternativa en favor de las condiciones ergonómicas generales para los trabajadores de la sección.

Una vez seleccionada la mejor opción, se realizará mediante modelado 3D en Sketchup el diseño de la propuesta, teniendo en cuenta las condiciones existentes en la PSA.

Tabla 6 . Fases y Actividades Metodológicas

FASES	ACTIVIDAD	HERRAMIENTA
Diagnóstico	Recopilar información. Análisis de la información. Conclusiones del análisis de la información.	Entrevistas. Observaciones de campo. Encuestas. Diagrama Causa Efecto.
Alternativas de mejora	Definir criterios y/o variables de comparación. Identificar las alternativas. Plantear alternativas.	Formato Análisis de Riesgo. Texto descriptivo de alternativas.
Seleccionar alternativa	Comparar alternativas. Seleccionar la mejor opción o alternativa de mejora.	Cuadro comparativo con ventajas y desventajas. Matriz de toma de decisiones.

Nota: Elaboración propia.

7 Diagnóstico de las Condiciones de Acceso y Movilidad.

Para reconocer e identificar las condiciones generales de las actividades realizadas en la PSA, fue necesario emplear diferentes herramientas, tales como entrevistas, observaciones de campo, encuestas y diagrama causa efecto. Para el desarrollo de las observaciones de campo se utilizó el formato Hoja de Trabajo – Innovación en Ergonomía (ver figura 10), el cual se compone de dos partes; en la primera se identifican el área, cargo, actividad realizada, turno y

condición operacional de la planta; la segunda parte denominada Resumen - Elementos de acción, contempla hallazgos y/o recomendaciones de los entrevistados para hacer cambios específicos e investigar problemas cuando se requiera. Este formato se diligencia mediante observaciones de campo y entrevistas personales a operadores y mantenedores, para recopilar y documentar información referente a los trabajos realizados con mayor frecuencia en un área determinada de la organización, en este caso se aplicó en la sección de purificación de hidrógeno (PSA).

Figura 10. Hoja de trabajo innovación en ergonomía.

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía						
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD					
Cargo:	Operador de planta					
Actividades del Trabajo:						

Turno	<input type="checkbox"/>	Primero	<input type="checkbox"/>	Segundo	<input type="checkbox"/>	Tercero
Operación Normal	<input type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	Si su respuesta fue NO, describa:	

Resumen - Elementos de Acción						
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación?						
Los elementos de acción pueden incluir:						
1. Recomendaciones para hacer cambios específicos						
2. Asignación para investigar el problema más a fondo						
Elemento de Acción	Responsable				Fecha Límite	

Nota: La figura representa el formato Hoja de trabajo- Innovación en Ergonomía.

Tomado del programa de promoción y prevención en salud ocupacional en Ecopetrol S.A (p. 01), por J. Gil, 2018, Gerencia HSE.

El formato fue diligenciado por 10 funcionarios, de los cuales 4 fueron operadores y 6 mantenedores de diferentes especialidades; la información reunida se encuentra en la tabla 7 y el registro de cada formato está ubicado en el anexo 2 de este documento.

Tabla 7. Acciones recopiladas de Hojas de Trabajo.

Actividades del Trabajo	Ejecutor	Elemento de Acción
Revisión de switch de posición de XV-3401. Mantenimiento general local de válvula y accesorios. Pruebas de funcionamiento de válvula XV- 3401	Mantenedor instrumentista	Referente a la XV-3401, se requiere modificar la rutina general de mantenimiento de los switch de posición. Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación.
Desmontar válvula de control PV-3508.	Mantenedor Metalmecánico	Realizar mantenimiento a los arrestadores de caída instalados en las escaleras verticales, no operan bien y están oxidados.
Normalizar presiones en tambores de la PSA, para recuperar la operación normal de la pareja	Operador	Realizar mantenimiento a los arrestadores de caída instalados en las escaleras verticales, algunos están dañados y otros ni siquiera están instalados. Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación.
Cerrar válvulas manuales para asegurar condición de salida de servicio de pareja de tambores de la PSA por falla de válvula de control PV-3506.	Operador	Cambiar escaleras verticales de acceso a plataformas de trabajo, que dificultan la atención rápida y segura de la unidad, sin tener que violar las normas establecidas por Ecopetrol referentes a los trabajos en altura.

Cambio de posicionador en válvula de control PV-3305	Mantenedor instrumentista	<p>Instalar facilidad para acceder mejor a las válvulas de control, las posiciones adoptadas son incómodas.</p> <p>Cambiar escaleras verticales por escaleras de peldaños a 45°, para no tener que usar arnés de seguridad contra caídas.</p>
Mantenimiento a exosto de XV-3405	Mantenedor instrumentista	<p>Retirar andamios instalados en el sitio de la actividad, cubrir los huecos que están en el piso, ya que representan riesgos de caída del personal.</p> <p>Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación.</p> <p>Conectar las plataformas para no tener que bajar y subir tanto por las escaleras verticales.</p>
Revisar válvula de control PV-3508	Mantenedor instrumentista	<p>Instalar arrestados de caída en escalera vertical.</p> <p>Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación.</p>
Ronda estructurada general a PSA – verificar condiciones normales de operación Engrase de volantas de válvulas de mariposa	Operador	<p>Cambiar escaleras verticales por otras de fácil acceso.</p> <p>Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación.</p> <p>Interconectar las plataformas de trabajo para mejorar la circulación en sección de proceso.</p>
Cambio de actuador de válvula de control PV-3203	Mantenedor instrumentista	<p>Modificar andamios instalados en el sitio.</p> <p>Cambiar la categorización de los trabajos realizados en la PSA,</p>

		no deberían ser considerados trabajos en altura.
Normalizar presiones en tambores de la PSA, para recuperar la operación normal de la pareja.	Operador	Mejorar condiciones de acceso a la plataforma de trabajo. Interconectar las plataformas de trabajo para facilitar la circulación.

Fuente: Elaboración propia.

Los hallazgos señalan y coinciden en que los elementos de acción se deben ejecutar teniendo en cuenta las condiciones de acceso a las plataformas de trabajo, el acceso a la instrumentación, el uso de escaleras verticales, los arrestadores de caída y la interconexión entre las plataformas de trabajo, con esta información se procede entonces a la realización de una encuesta sobre las condiciones ergonómicas en la PSA, con el fin de validar y asegurar la información obtenida a través de las hojas de trabajo.

Las encuestas se realizaron a través de la plataforma Google forms a 11 funcionarios que trabajan o han trabajado en la PSA, diferentes a los entrevistados para el diligenciamiento de las hojas de trabajo, esta encuesta consta de 5 preguntas enfocadas en las condiciones ergonómicas, acceso y movilidad presentes en el bloque de purificación de hidrógeno y están formuladas y diligenciadas con base en el formato de encuesta para autogestión en ergonomía de la gestión HSE de la empresa. (ver anexo 2).

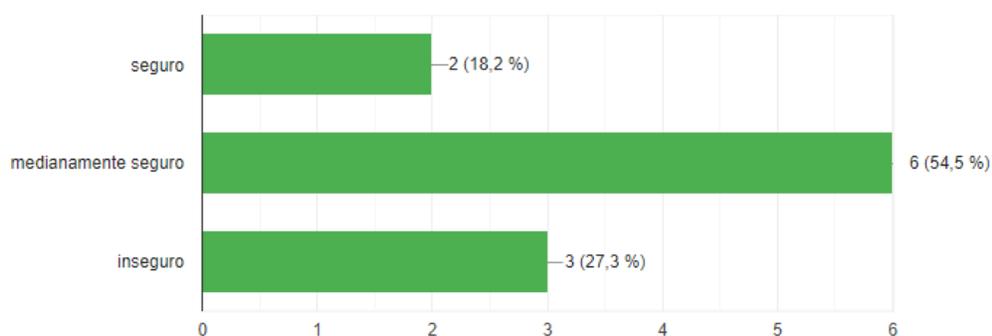
Los resultados de la primera pregunta de la encuesta arrojan que el 54.5% de los encuestados dicen que el acceso a las plataformas de trabajo es medianamente seguro, el 27.3%

que es inseguro y solo el 18.2% dice que es seguro, por tal razón se considera que es pertinente pensar en mejorar el sistema de acceso existente (ver figura 11).

Figura 11. Encuesta, pregunta 1.

¿Considera usted que el acceso a las plataformas de trabajo de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

11 respuestas



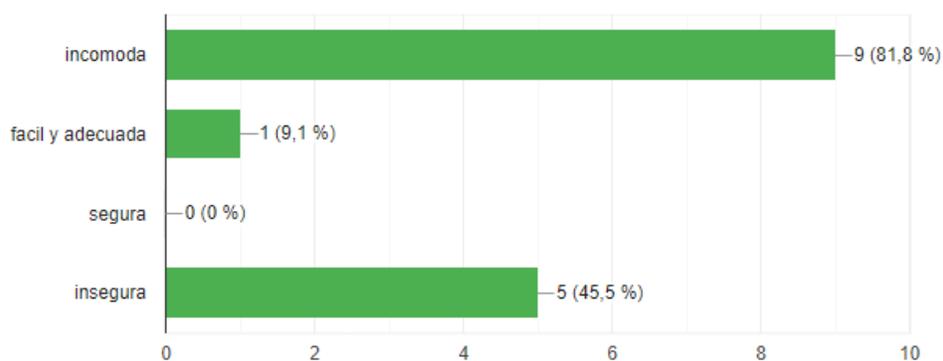
Fuente: Google forms.

Los resultados de la segunda pregunta de la encuesta arrojan que el 81.8% de los encuestados dicen que el tránsito y circulación en la sección PSA es incómoda, el 45.5% señalan que es insegura, el 9.1% dice que es fácil y adecuada y el 0% de los encuestados señala que es segura, por tal motivo se considera que se deben ejecutar acciones que mejoren dichas condiciones (ver figura 12).

Figura 12. Encuesta, pregunta 2.

¿Considera usted que el tránsito y la circulación de personas en la sección de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

11 respuestas



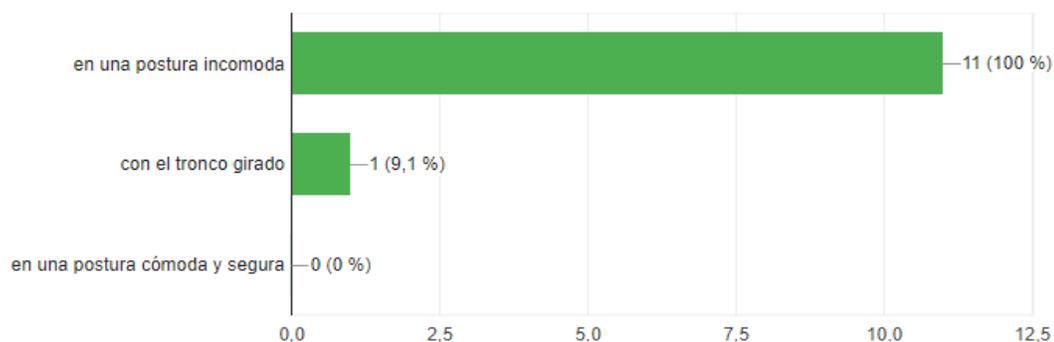
Fuente: Google forms.

La información recogida de la pregunta 3 de la encuesta, arroja que la postura para el acceso a la instrumentación de la PSA es 100% incómoda, lo cual se convierte en un fundamento de peso para proponer mejoras sustanciales en el sistema (ver figura 13).

Figura 13. Encuesta, pregunta 3.

¿Considera usted que la postura para el acceso a la instrumentación de la sección de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

11 respuestas



Fuente: Google forms.

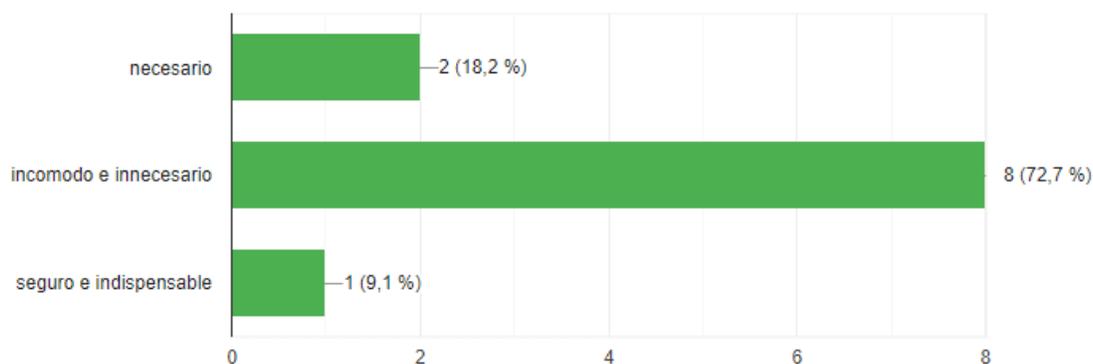
La respuesta de los encuestados indica en un porcentaje de 72.7% que el uso de los equipos de protección contra caídas es incómodo e innecesario, 18.2% señalan que es necesario y el 9.1% dice que es seguro e indispensable, por lo tanto, se debe validar las condiciones de acceso a las plataformas de trabajo que obligan a los trabajadores a usar los elementos de protección contra caídas (ver figura 14).

Figura 14. Encuesta, pregunta 4.

¿Considera usted que el uso de equipos de protección contra caídas usados para las labores desempeñadas en las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?



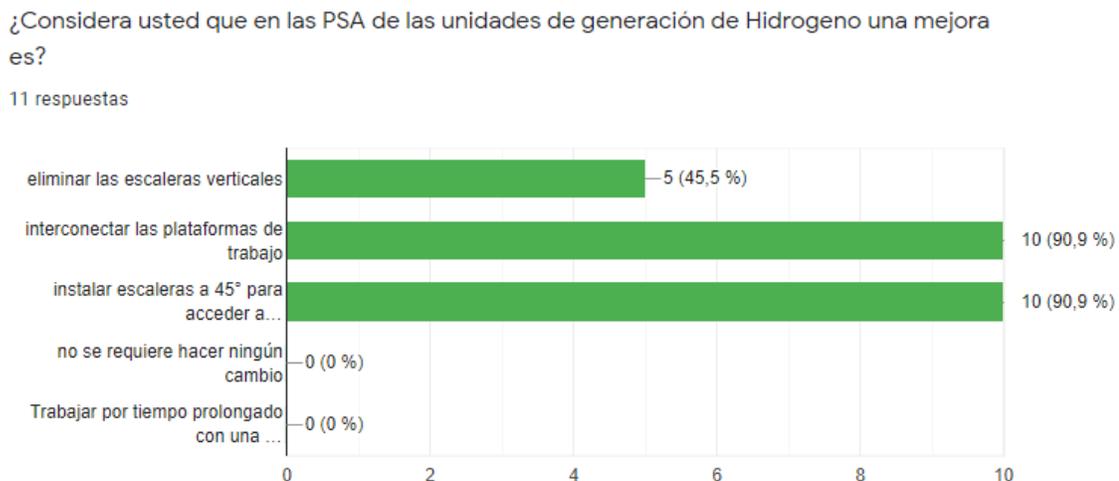
11 respuestas



Fuente: Google forms.

De acuerdo con los resultados de la pregunta número 5, hay dos mejoras importantes que se deben tener en cuenta, relacionadas con la interconexión de las plataformas de trabajo y con la instalación de accesos en escaleras fijas a 45°, ambas con un porcentaje de 99.8% y en ese orden le sigue con un porcentaje de 45.5% la opción de eliminación de escaleras verticales.

Figura 15. Encuesta, pregunta 5.



Fuente: Google forms

Acorde con los resultados de las encuestas, se puede inferir que existe en el personal encuestado una sensación de incomodidad y malestar con las posturas asumidas al momento de acceder a la instrumentación y al transitar en la sección de la PSA, en lo que se refiere al tránsito el 81.8% señalan que es incómodo, en el mismo sentido respecto a las posturas de acceso a la instrumentación el 100% del personal indica que es en una postura igualmente incómoda, del mismo modo, el 54.5% aducen que el acceso a las plataformas de trabajo es medianamente seguro y el 90.9% del total de los encuestados coinciden en que las mejoras requeridas en la sección de purificación de Hidrogeno tienen que ver con las escaleras de acceso y con la interconexión entre las plataformas de trabajo.

Finalmente, es importante señalar que tanto la información recopilada mediante las hojas de trabajo como los resultados de las encuestas, tienen coincidencia plena en las condiciones desfavorables y sujetas a mejora en la PSA, relacionadas con los accesos a la instrumentación,

las plataformas de trabajo y con la incomodidad general del personal durante el desarrollo de las actividades que se llevan a cabo en la sección de esta unidad de proceso.

Seguidamente y como parte del desarrollo del diagnóstico se utilizará un Diagrama Causa Efecto, que se diligenciará con base en la información contenida en un formato de la gestión HSE de la organización, denominado Análisis de Riesgo para la ejecución de un trabajo, el mismo que contiene información relevante para la gestión de peligros, riesgos y controles de las unidades de proceso, en este caso, referente a las plantas de generación de Hidrogeno (ver figura 16). Este formato, consta de tres partes o secciones; en la primera de ellas se relaciona la información referente al lugar y/o planta de proceso, el equipo o sistema objeto del trabajo, la actividad a realizar, herramientas y/o equipos a utilizar, los elementos de protección personal, los contactos de emergencia, la empresa ejecutora, la actualización del formato, las fechas de vigencia y la valoración de los riesgos, esta última determinada por la valoración o matriz RAM de la empresa.

La segunda parte del formato contiene la información puntual de los peligros, riesgos y controles de la planta o lugar, del entorno y de los peligros, riesgos y controles específicos de la actividad a desarrollar, así como los responsables de la ejecución de cada una de estas.

Por último, se tiene la tercera sección, la cual es el espacio para las firmas de los funcionarios y/o trabajadores que elaboran y aprueban el Análisis de Riesgo y para los ejecutores que participan en el trabajo.

Este formato de Análisis de Riesgo, se relaciona con la Guía Técnica Colombiana GTC 45, referente a la herramienta de recolección sistemática de información proveniente del proceso de identificación de los peligros y la valoración de los riesgos.

Figura 16. Formato de Análisis de Riesgo para la ejecución de un trabajo.

FORMATO DE ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA EJECUCIÓN DE UN TRABAJO									
PLANTA Y/O LUGAR: Unidad de Generación de Hidrógeno U-115/116 (Operación Normal)		PERIODO DE ACTUALIZACIÓN:			VALORACIÓN DE RIESGOS (Conocimiento: P, E, A, C o R x Probabilidad)		L.1141/EPRO		
TRABAJO A REALIZAR:		DEPENDENCIA O EMPRESA EJECUTORA:			Elaboración		Ejecutor		
HERRAMIENTAS Y/O EQUIPOS:					Duda		Ejecutor		
ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL EPP:		EPP OBLIGATORIOS: EPP ESPECIALES REQUERIDOS:			Nota		Ejecutor		
CONTACTOS DE EMERGENCIA:		JEFE DEPARTAMENTO ECOPETROL: RESCA TÍFAS: SEGURIDAD FÍSICA:			SUPERVISOR OPERACIONES: CONTROL DE EMERGENCIAS: CONTROL DE FLAGAS:		OPERADOR: JEFE DE TURNO:		
LUGAR / PLANTA / ENTORNO PERIFÉRICOS	No.	PELIGRO	RIESGO	CONTROLES REQUERIDOS PARA ADMINISTRAR LOS RIESGOS	SINMO	OBSERVACIÓN (Causa del Evento y/o Efectos, acciones de control o abreviatura específica del control)	CARGO RESPONSABLE		
	1	RUIDO SUPERIOR A 85 dB.	EXPOSICIÓN DIRECTA AL RUIDO SUPERIOR A 85 dB (Estrés, dolor de cabeza, pérdida parcial o total de audición, fatiga auditiva.)	PREVENTIVO: Señalizar áreas con presencia de ruido y corrección de fugas de vapor. PROTECTIVO: Utilice la protección auditiva (inserción y/o copa)			Emisor	Ejecutor	
	2	ESTRUCTURAS, OBSTACULOS, SUPERFICIES HUNDIDAS Y/O IRREGULARES (piedra suelta), CUNETAS DE AGUAS PLUVIALES EN EL AREA	CAIDAS (Golpes, lesiones osteomusculares, heridas)	PREVENTIVO: Definir los accesos seguros a la unidad. PREVENTIVO: Asegurar las condiciones de orden y aseo en todas las estructuras de la unidad. PREVENTIVO: Delimitar las zonas con riesgo de caída del área de trabajo. PROTECTIVO: Uso correcto de EPP Básicos			Emisor / Ejecutor	Ejecutor	
	3	ALTURA MAYOR A 1.5 m (Para ascenso y descenso por escaleras, desplazamiento en plataformas)	CAIDA A DIFERENTE NIVEL (golpes, lesiones osteomusculares, heridas, fatigabilidad)	PREVENTIVO: Asegurar la instalación e inspección de los sistemas activos y pasivos de protección contra caídas de la unidad. PREVENTIVO: Asegurar las competencias de los trabajadores en trabajo en alturas. PREVENTIVO: Disponer de plan y procedimiento de rescate acorde a la actividad, elaborado por personal calificado. PREVENTIVO: Realizar inspección preoperacional de arneses y estingas.		Cumplimiento de la resolución M09 2012 y el instructivo de trabajos en altura GH-5-1-003 y Uso de Andamios GH-5-1-004	Emisor	Ejecutor	
	4	OBJETOS EN ALTURAS (Herramientas, materiales, piezas, etc.)	CAIDA DE OBJETOS DE ALTURA (golpes, lesiones osteomusculares, heridas)	PREVENTIVO: Asegurar las condiciones de orden y aseo en todas las estructuras de la unidad. PREVENTIVO: Asegurar las herramientas utilizando cordón (manillas). Dar charla al personal sobre manejo seguro de herramientas y equipos. PREVENTIVO: Señalización preventiva sobre caída de objetos, instalar barreras de restricción de paso de personas. PROTECTIVO: Uso correcto de EPP básicos.			Ejecutor / Emisor.	Ejecutor	
	5	BIOLOGICOS (Arañas, serpientes, avispas, abejas, mosquitos)	EXPOSICIÓN A PICADURAS Y/O MORDEDURAS (Envenenamiento, irritación, alergias)	PREVENTIVO: Inspeccionar el área de trabajo antes de iniciar las actividades. PREVENTIVO: Garantizar que se realice limpieza de las áreas, fumigación, retiro de maleza y retiro de panales y colmenas. PREVENTIVO: Dar aviso inmediato al supervisor del área en caso de identificar el peligro. PROTECTIVO: Uso de EPP básicos.			Ejecutor/Emisor	Ejecutor	
		BIOLOGICO (COVID-19)	Contagio COVID-19	PREVENTIVO: Inspeccionar el área de trabajo antes de iniciar las actividades. PREVENTIVO: Dirección emitido por Ecopetrol S.A. PROTECTIVO: Tapabocas, gafas. REACTIVO: Aislar y reportar a jefe inmediato.		Estos controles se amplían o modifican de acuerdo a la evolución del caso y será actualizado por comunicados oficiales emitidos por Ecopetrol S.A.	Líder Ejecutor	Ejecutor	
	6	NITRÓGENO (almacenamiento, cabezal de planta, Líneas y equipos de proceso preservados)	PÉRDIDA DE CONTENCIÓN (Arista) por desplazamiento del oxígeno con gas Nitrógeno, quemaduras por exposición con nitrógeno líquido.	PREVENTIVO: Tener disponibles las hojas de seguridad de las sustancias químicas y asegurar su divulgación a todo el personal ejecutor. PREVENTIVO: En aquellas zonas donde exista riesgo de desplazamiento de oxígeno, realizar monitoreo de atmósfera, garantizando que los valores se mantengan entre 19,5% - 23,5% de Oxígeno. PREVENTIVO: Verificar aplicación del SAS, cuando sea requerido en la unidad. PREVENTIVO: Señalización de los sistemas que contengan esta sustancia. PROTECTIVO: Usar elementos de protección personal básicos y especiales.		Cumplir con lo establecido en la guía para uso seguro de mangueras en Ecopetrol/Refiner (mangueras certificadas y probadas, dispositivos anti-léjido, etc.)	Emisor	Ejecutor	
	7	ILUMINACIÓN DEFICIENTE (Trabajos nocturnos)	EXPOSICIÓN EN ÁREAS CON MENOS DE 200 Lux (Caídas o lesiones causadas por no visualización de obstáculos, fatiga visual)	PREVENTIVO: Inspeccionar el área de trabajo antes de iniciar las actividades e instalar iluminación de acuerdo a lo requerido a la normalidad. PROTECTIVO: Uso de EPP básico. Uso de gafas para trabajos nocturnos.			Ejecutor/Emisor	Ejecutor	
	8	HIDRÓGENO	DESPLAZAMIENTO DE OXÍGENO (Arista)	PREVENTIVO: Informar a los ejecutores, los riesgos del H2 por desplazamiento del porcentaje normal de oxígeno en áreas confinadas sin ventilación adecuada. PROTECTIVO: Identificar previamente posibles escapes de H2. Señalizar e instalar barreras para evitar contacto. El rango de explosividad del hidrógeno es el más amplio, las mezclas de aire-hidrógeno que contienen del 4.7% de H2 pueden encenderse fácilmente. NOTA: Los contactos de incendio de hidrógeno no son fácilmente detectables durante el día.			Emisor	Ejecutor	
			INCENDIO	PREVENTIVO: Verificar la disponibilidad y correcto funcionamiento de detectores de gas inflamable del Sistema de Fire ó Gas de las unidades. PREVENTIVO: Control Operacional, Planes de Inspección y confiabilidad, Rondas estructuradas. PREVENTIVO: Tener disponibles la hoja de seguridad de la sustancia química a asegurar su divulgación a todo el personal. PREVENTIVO: En caso de aplicar SAS, verificar su correcta aplicación y cumplimiento del procedimiento. PREVENTIVO: Asegurar ventoseo hacia el sistema de TEA. PROTECTIVO: Instructivos operacionales de Emergencia para paro seguro de la unidad.			Emisor	Ejecutor	
			PÉRDIDA DE CONTENCIÓN (Incendios, explosión, fatigabilidad, lesiones al personal e infraestructura y medio ambiente)	PREVENTIVO: Asegurar ventoseo hacia el sistema de TEA. PROTECTIVO: Instructivos operacionales de Emergencia para paro seguro de la unidad.				Emisor	Ejecutor
	9	RESIDUOS INDUSTRIALES	INADECUADA DISPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS	PREVENTIVO: Disponer de punto de acopio para garantizar una adecuada segregación y manejo de los residuos. PREVENTIVO: Dar a conocer el manual de gestión integral de residuos de la refinería a los instructivos para el manejo de cada residuo. PROTECTIVO: Uso de EPP básico. PREVENTIVO: Asegurar las condiciones de orden y aseo en todas las estructuras del edificio.		* Se debe usar el Centro de acopio y/o el área delimitada para este fin dispuesto por el departamento. * Se debe realizar la correcta segregación de los residuos generados en el desarrollo de la actividad y realizando el retiro de los mismo en una fecha no superior a tres días. * en el caso de cambio de interno de filtros se debe disponer de estos elementos filtrantes en los recipientes dispuestos para tal fin.	Emisor/Ejecutor	Ejecutor	

TRABAJADORES QUE ELABORAN EL ANÁLISIS DE RIESGOS:			
Nombre	Registro o Cédula	Cargo	Firma

FUNCIONARIO QUE APRUEBA EL ANÁLISIS DE RIESGOS:			
Nombre	Registro o Cédula	Cargo	Firma

EJECUTORES QUE PARTICIPAN EN EL TRABAJO:			
Nombre	Registro o Cédula	Cargo	Firma

Nota: El formato relaciona los peligros, riesgos y controles de la unidad de generación de Hidrógeno. Tomado del programa de promoción y prevención en salud ocupacional en Ecopetrol S.A, 2020, Gerencia HSE.

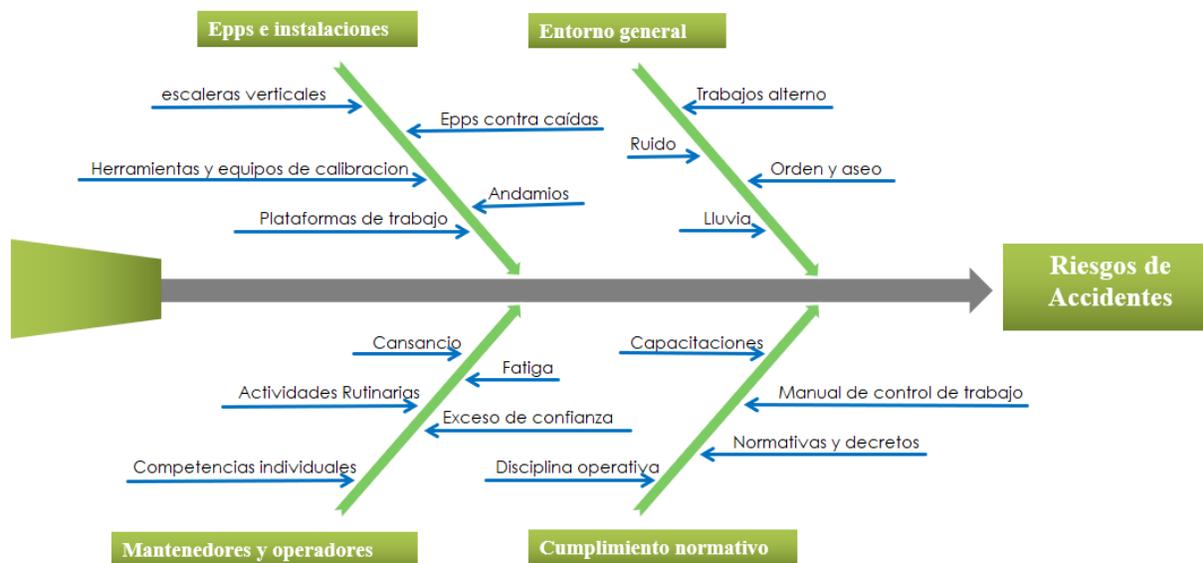
De acuerdo con lo anterior, se procede con el diligenciamiento del Diagrama Causa Efecto, con los aspectos más relevantes de los posibles escenarios causales de accidentes, representados en cuatro causas primarias: personal operativo y mantenedor, elementos de protección personal e instalaciones, entorno general de la planta y el cumplimiento legal y normativo. El diagrama indica, los posibles factores problemas de cada uno de los sistemas o causas primarias (ver figura 17), que dado su incumplimiento, uso incorrecto o gestión inadecuada pueden propiciar y materializar los riesgos de accidentes de trabajo en esta área de proceso.

En definitiva, es importante señalar que el conocimiento de los peligros, riesgos y controles que se deben asumir al ejecutar un trabajo, no solo ayudará a evitar accidentes, sino que potenciará el cumplimiento de las directrices, normas y procedimientos que pueden tener repercusiones incluso legales y penales, dado que este tipo de industrias pueden ocasionar todo tipo de accidentes, que van desde leves, incapacitantes, lesiones permanentes, enfermedades profesionales y hasta accidentes fatales, por tal razón la gestión efectiva de los peligros, riesgos y controles es fundamental para promover que el personal conozca, vigile su autocuidado durante la permanencia en los sitios de trabajo y por consiguiente durante el desarrollo de las actividades o trabajos que ejecuta.

Para finalizar, no podría dejarse de lado la situación particular existente en la PSA, en relación con una de las causas primarias para el riesgo de accidentes: EPPs e instalaciones, en

esta causa uno de los problemas es el uso de EPPs contra caídas para trabajos en altura, debido a que las instalaciones o estructura de la PSA constituida por plataformas de trabajo a 1.73 metros de altura y escaleras de acceso verticales, no cumplen con el requerimiento de claridad necesario para el uso de los elementos de protección personal contra caídas, no obstante, superan la altura establecida por la resolución 1409 de 2012, que considera como trabajos en altura a todos aquellos realizados a una altura superior a 1.5 metros por encima y por debajo del nivel del piso; es decir, los trabajos allí realizados son considerados trabajos en altura y por tanto se debe cumplir la norma y para ello es indispensable el uso de los EPPs contra caídas, sin embargo, estos EPPs no podrán proteger al trabajador en caso de que se materialice el evento, dado que no se activarán por no existir la altura o distancia mínima requerida para detener la caída del mismo antes de que impacte con el piso o cualquier otro elemento (requerimiento de claridad), esto a su vez ocasiona que se infrinja la norma, siendo éste uno de los problemas de otras de las causas primarias establecidas en el Diagrama Causa Efecto, relacionada con el cumplimiento normativo para evitar riesgos de accidentes.

Figura 17. Diagrama Causa Efecto



Nota: El Diagrama representa las causas probables para la ocurrencia de accidentes en la PSA. Fuente: elaboración propia.

8 Alternativas de mejora

En la sección de purificación de hidrógeno (PSA), existen factores de riesgos ergonómicos que se traducen en complejidades de acceso, movilidad, circulación y tránsito libre, estos constituyen escenarios potenciales de afectación a la integridad del personal que opera y mantiene esa sección del proceso, relacionados con riesgos de caídas, golpes, posturas antinaturales, sobre esfuerzos, fatiga, cansancio del personal y con la imposibilidad de atender de manera oportuna, fácil y segura cualquier evento operacional que se presente.

Los riesgos allí presentes están íntimamente ligados con la forma de acceder a las plataformas de trabajo o plataformas elevadas de circulación como también se les conoce y con la disposición de éstas para la circulación normal de personas en el sitio. Cabe mencionar que en este bloque de proceso hay circunstancias particulares, que fueron concebidas desde el momento mismo de su instalación, algunas se han modificado, otras en cambio continúan vigente y generan incomodidad y dificultades en las rutinas operativas diarias, siendo esta la razón por la cual se plantearán tres alternativas de mejora de estas condiciones, procurando siempre alinearse a la normativa organizacional, en lo que tiene que ver con el cumplimiento de estándares, normas y legislaciones, pero especialmente en lo relacionado con la gestión HSE para proteger la vida, la salud e integridad de las personas que laboran en esta importante sección de proceso de las unidades de generación de Hidrógeno.

La primera de las alternativas planteadas, contempla la posibilidad de bajar la instrumentación del bloque o sección a una altura que no implique el ascenso por escaleras verticales para acceder a la misma, esta alternativa involucra directamente dos de las cuatro variables de medición que se han tenido en cuenta para el desarrollo de esta propuesta, estas variables son: facilidad de acceso a las plataformas de trabajo y el número de ascensos y descensos de las escaleras verticales; con la facilidad de acceso se pretende identificar el grado de comodidad durante la ejecución de actividades de operación y mantenimiento, y con el número de ascensos y descensos, se busca establecer la frecuencia de uso de las escaleras. Estas variables están correlacionadas, al punto que la una es dependiente de la otra.

Es importante señalar que modificar la altura de la instrumentación instalada en la PSA, sugiere cambios sustanciales e implica intervenir de manera general el bloque de proceso, lo que significa también sacar de servicio la unidad de Generación de Hidrogeno, dado el caso que se

pretenda implementar la propuesta. Esta alternativa se vislumbra como una buena opción de mejora, debido a que se enfoca en la eliminación del peligro principal (altura), del que se desprenden la mayor parte de condiciones de riesgo en la PSA. A continuación, se nombran las consideraciones a tener en cuenta para su planteamiento:

Construcción general de la iniciativa de reingeniería de proceso.

Elaborar un control de cambio.

Planear y programar una parada de planta general de la unidad de generación de Hidrógeno.

Sacar de servicio la unidad de Generación de Hidrogeno para la implementación de la propuesta.

Reubicar toda la instrumentación de la sección de purificación de hidrogeno.

Reubicar el conexionado eléctrico de la instrumentación.

Reubicar los suministros de aire de instrumentos a las válvulas y dispositivos de control.

Cortar y reubicar líneas de proceso de entrada y salida de los tambores absorbedores.

Cortar y reubicar todas las líneas de las corrientes de proceso que intervienen en el sistema de purificación de Hidrógeno.

Involucrar personal calificado de las diferentes especialidades, metalmecánicos, soldadores, tuberos, mecánicos, instrumentistas, electricistas, personal HSE, personal de parada de plantas, personal de operaciones, confiabilidad, soporte técnico, entre otros. Algunos de estos recursos humanos son propios y otros deberán ser contratados.

Examinar con licenciadores de la unidad de proceso, los soportes de desarrollo de tecnologías y reingenierías, que garanticen la estabilidad en las operaciones y soporten con

garantía expresa la licencia de operación, teniendo en cuenta que estas plantas son relativamente nuevas, con apenas seis años de corrida o entrada en servicio.

Realizar compras de tubería, accesorios de instrumentación, accesorios eléctricos y los componentes metalmecánicos necesarios para la modificación de líneas de proceso y la instrumentación.

Finalmente, se debe tener en cuenta el lucro cesante de la refinería, dada la importancia que tienen las unidades de generación de Hidrógeno para sostener la operación normal de otras unidades de procesos, entendiéndose que existe una interrelación o dependencia de algunas plantas con respecto a otras, siendo el caso de estas unidades, que en su operación normal, aportan 50 millones de pies cúbicos estándar día (50MMPCED) de hidrogeno de alta pureza al cabezal general de refinería, para que posteriormente, lo tomen las unidades que lo requieran, como sucede con la planta de Hydrocracking, que normalmente consume 75 millones de pies cúbicos estándar día de hidrogeno puro, lo que quiere decir que consume la capacidad de producción total de una de las plantas de generación de Hidrogeno (50 MMPCED) más el 50% de la capacidad de producción de la otra unidad (25 MMPCED), por tanto si una de estas plantas de proceso sale de servicio afecta de manera directa la unidad de Hydrocracking y del mismo modo afecta también a las unidades de Hidrotratamiento de Diesel e Hidrotratamiento de naftas, que son pilares de la economía de la Refinería de Cartagena.

La segunda alternativa tiene que ver con la instalación de 11 escaleras fijas con inclinación a 45° para acceder a cada una de las plataformas elevadas de circulación. Actualmente la PSA se compone de 11 plataformas de trabajo y cada una de éstas tiene instalada 1 escalera vertical de acceso en cada extremo, por lo que en total son 22 escaleras verticales. Con

esta alternativa se pretende no solo reducir a la mitad el número de escaleras verticales, sino que se cambien de verticales a escaleras fijas con inclinación estándar de 45°.

Las plataformas elevadas de circulación están a una altura de 1.73 metros desde el nivel del piso, se accede a estas a través de escaleras verticales; por la altura antes mencionada, se deben aplicar todos los requisitos establecidos para el cumplimiento legal y normativo relacionado con trabajos en altura (Resolución 1409 del 23 de julio de 2012), que para Ecopetrol implica el diligenciamiento de permisos de trabajo en altura, certificados de apoyo, plan de rescate, uso de elementos de protección personal para trabajos en altura, verificación de equipos arrestadores de caídas instalados en el sitio, líneas de vida, personal con apto médico para trabajos en alturas y todo lo concerniente con este tipo de trabajos, acorde con las características propias de la actividad a ejecutar. Como se puede evidenciar, la ejecución de un trabajo catalogado como trabajo en altura, supone consideraciones puntuales, que se reflejan en los tiempos y costos de las actividades, ya que involucran un mayor número de participantes, de esta manera interviene en esta alternativa la variable de medición, denominada horas hombres del personal y ésta a su vez se relaciona con otra de las variables de medición de esta propuesta, a la que se le ha llamado tasa de falla de instrumentación y equipos de la sección.

La tasa de falla de equipos está ligada a diferentes factores, dentro de éstos se pueden mencionar las rutinas de mantenimiento preventivo, la calidad del mantenimiento, las condiciones ambientales, específicamente las que tiene que ver con épocas de lluvia, la calidad de los repuestos etc. Estas fallas son determinantes para las horas hombres invertidas por el personal operativo y mantenedor.

En concordancia con lo anterior y con lo expresado sobre las actividades en altura desarrolladas en la PSA, cobra importancia señalar, que los trabajos realizados sobre las

plataformas elevadas de circulación en el lugar, son considerados como trabajos en alturas, no por la altura misma de las plataformas, sino por la forma de acceder a ellas a través de escaleras verticales, por tal razón la propuesta de escaleras fijas con inclinación estándar a 45°, se convierte en una alternativa llamativa, que se alinea con la eliminación de la condición de trabajos en altura en esta sección y por ende con la supresión del cumplimiento de los requisitos que por lo general retardan las intervenciones de operadores y mantenedores, así mismo la condición de trabajo en altura se consolida como la causa raíz de la mayoría de los riesgos ergonómicos presentes en la PSA.

Por último, se plantea la tercera alternativa, que propone la construcción de dos plataformas laterales de circulación elevada que se interconecten en cada extremo de las 11 plataformas existentes y que a su vez tengan dos accesos en escaleras fijas con inclinación estándar a 45°.

Esta alternativa, al igual que las dos anteriores elimina también la condición de trabajos en altura, lo que la convierte en una buena opción a tener en cuenta, dado que en la gestión HSE, una medida ideal es la eliminación de peligros, sobre todo si se refiere a peligros de trabajos en altura.

Fundamentalmente, la propuesta de esta alternativa se basa en la interconexión entre plataformas de trabajo y en la reducción del número de escaleras, ya que solo se necesitarían dos escaleras fijas para ascender y descender del bloque de proceso. Del mismo modo también se atiende con esta propuesta a una de las razones expuestas en la descripción del problema de este proyecto, relacionada con las dificultades que tiene el personal para ir de una plataforma a otra al tener que descender por una escalera vertical y ascender por otra cada vez que se requiere estar

en una plataforma de trabajo diferente, condición que hace que el personal se fatigue, se exponga a caídas y lesiones físicas, especialmente en eventos de emergencia operacional.

Contrario a lo planteado en la primera alternativa, de construirse la plataforma de interconexión, no sería necesario realizar una parada de planta, tampoco se tendría que sacar de servicio la unidad y no se modificarían ninguna de las líneas de proceso existentes, la instrumentación no sufriría cambio alguno y la implementación podría realizarse durante la operación normal de la unidad, dado que las plataformas se instalarían por encima de las líneas de entrada y salida de los tambores absorbedores y se acoplarían a las 11 plataformas existentes, sin intervenir en ningún momento con las corrientes o variables del proceso de purificación de Hidrogeno.

La interconexión general del bloque de la PSA, facilitaría las practicas establecidas en las rondas estructuradas, para éstas se establecen por lo menos dos recorridos por turno para los operadores del área, durante el monitoreo de condiciones generales de operación y funcionamiento de la PSA, esta actividad genera fatiga y desgaste físico, ya que para el cumplimiento de estas rondas se debe por lo menos ascender y descender las escaleras verticales 22 veces por turno.

La construcción de las plataformas de trabajo debe cumplir con las normativas establecidas para tal fin por la organización y no deben favorecer la generación de nuevas causas de riesgos de accidentes, por eso se sugieren que sean removibles, atornilladas a las estructuras existentes y que faciliten la intervención de todos los equipos y componentes de la PSA.

9 Selección de alternativa de mejora de acceso y movilidad.

La selección adecuada de la alternativa de mejora, sugiere tener en cuenta las ventajas y desventajas de cada una, los beneficios que aportan a la operación sana segura y limpia, las facilidades de su implementación, la eliminación de peligros en el sitio y las respuestas a las dificultades ergonómicas, de acceso y movilidad en la PSA.

Los criterios anteriores se representarán mediante un cuadro comparativo, posterior a este se realizará una matriz de toma de decisiones, dicha matriz relacionará las alternativas propuestas con las variables de valor agregado y de atención de la problemática en mención, en ella se establecerán criterios de calificación, para finalmente seleccionar la alternativa con mayor puntuación en dicha matriz.

Tabla 8. Cuadro comparativo de las alternativas propuestas.

Alternativa	Descripción	Ventaja	Desventaja
Disminuir la altura de la instrumentación.	Bajar la instrumentación a una altura que no implique ascenso y descenso por escaleras verticales.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la altura como peligro principal. • Facilidades de acceso a la instrumentación. • Favorece el tránsito y la circulación de personas en la sección. • Mejora los tiempos de intervención de operaciones y mantenimiento. • Impacto positivo a la carga dinámica en el personal. • Descongestiona el área general de la sección, al eliminar las escaleras actuales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere sacar de servicio la planta (apagar) para la implementación. • Intervenir líneas de corrientes del proceso productivo. • Planear y programar parada de planta de la unidad. • Compra de materiales y accesorios metalmecánicos, eléctricos y de instrumentación para las modificaciones generales en el proceso. • Pérdida de garantías con licenciadores. • Requiere mayor esfuerzo para su implementación.

			<ul style="list-style-type: none"> • Requiere autoridad mayor de decisión. • Impacto al lucro cesante de la Refinería.
Instalación de 11 escaleras fijas con inclinación a 45°.	Instalación de 11 escaleras fijas con inclinación a 45° para acceder a cada una de las plataformas elevadas de circulación.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la altura como peligro principal. • Se puede implementar con la planta en servicio. • El lucro cesante de la Refinería no se afecta. • Facilidades de acceso a la instrumentación. • No interfiere o interviene líneas de corrientes del proceso productivo. • Implementación a corto plazo. • Autoridad local de decisión para su implementación. • Menor número de especialidades intervinientes para su desarrollo y construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> • La carga dinámica en el personal no disminuye. • Congestiona el área general de la sección, dado que las escaleras fijas ocupan mayor espacio que las verticales. • Los tiempos de ejecución de las rondas estructuradas no disminuyen. • La circulación y movilidad en la sección de proceso no sufre ningún cambio.
Plataformas de interconexión.	Construcción de dos plataformas laterales de circulación elevada que se interconecten en cada extremo de las 11 plataformas existentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de la altura como peligro principal. • Disminuye la carga dinámica en el personal. • Favorece la circulación y movilidad en la sección. • Mejora los tiempos de intervención de operaciones y mantenimiento. • Facilidades de acceso a la instrumentación. • Se puede implementar con la planta en servicio. • No interfiere o interviene líneas de corrientes del proceso productivo. • Autoridad local de decisión para su implementación. • Implementación a corto plazo. • Menor número de especialidades intervinientes para su desarrollo y construcción. • El lucro cesante de la Refinería no se afecta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye el número de escaleras de evacuación, en caso de emergencia. • Se requiere remover las plataformas laterales para temas de mantenimiento por condición en líneas de entrada y salida de los absorbedores.

--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la información del cuadro comparativo anterior, se procede con la elaboración de la matriz de toma de decisión, para lo cual es necesario establecer las variables de valor agregado de las tres alternativas propuestas, su respectiva ponderación y la asignación de los criterios de calificación de cada una teniendo en cuenta su importancia y relación con el objetivo general de este proyecto. Las variables de valor agregado y su ponderación están definidas como sigue:

Eliminación de peligros: en la gestión HSE, una medida ideal es la eliminación del peligro, por tal motivo esta variable recibe la mayor ponderación, equivalente al 30%.

Disminución de carga dinámica en el personal: está alineada completamente al objetivo general del proyecto, es la dirección hacia donde se dirige la propuesta, por ende, su ponderación es la segunda en importancia (15%).

Implementación a corto plazo, requiere parada de planta , interferencia con el proceso y complejidad vs beneficio: estas cuatro variables son dependientes la una de la otra, de modo que si la implementación de la alternativa seleccionada interfiere con el proceso productivo de la planta, entonces será necesario parar o sacar de servicio la misma, lo cual a su vez implicaría una planeación y programación rigurosa, definiendo así el tiempo o momento de ejecución de ésta, relacionando siempre su complejidad con el beneficio que aportaría, por tanto se le asigna una ponderación de 10%.

Recursos requeridos para la implementación, nivel de autoridad para la toma de decisión y facilidades de evacuación: la primera de estas tres variables define a la segunda, dado que la

decisión final sobre la implementación de la alternativa que sea seleccionada dependerá en gran medida de su complejidad, determinada por los recursos que se requieran, el costo y las horas hombres o personal necesario para llevarla cabo, de igual modo y no menos importantes son los sistemas de evacuación, requeridos en todo momento para salvaguardar la vida de las personas en los sitios de trabajo, la ponderación de estas variables es 5%.

De modo idéntico a la ponderación de las variables de valor agregado, se procede a realizar la asignación de los criterios de calificación de cada una, en relación con las tres alternativas de mejora propuestas, estos criterios tendrán una calificación de cero (0) a cinco (5), donde cero representa una categorización o valor no importante de materialización de la variable en la alternativa correspondiente (0 = nivel de materialización no importante) y cinco corresponde a una categorización muy importante de materialización de la variable en la alternativa (5 = nivel de materialización muy importante).

Una vez establecidos dichos criterios de calificación para cada variable, se realiza el producto de esta calificación con la ponderación de la variable, de esta manera se obtiene una puntuación y finalmente se calcula la puntuación total de cada alternativa a través de la suma de los valores obtenidos en cada variable y de este modo se selecciona la alternativa con el puntaje mayor.

De lo anterior, se procede entonces a calificar cada variable, de acuerdo al nivel de materialización de éstas en las alternativas:

Eliminación de peligros: recibe una calificación de 5, debido a que satisface la medida ideal en la gestión HSE, eliminando por completo la causa origen del problema (altura) y se cumple en cada una de las alternativas.

Disminución de carga dinámica: en la primera alternativa, se suprime por completo el uso de escaleras y por tanto se disminuye la carga dinámica en el personal a un nivel muy importante (5), mientras que en la segunda alternativa, las personas tendrán que subir y bajar 11 escaleras diferentes para acceder a cada plataforma de trabajo, aunque se cambia el tipo de escaleras, se mantiene un número elevado de ascensos y descensos, por tal motivo se califica con un valor = 1, la tercera alternativa recibe una calificación de 4, debido a que favorece en gran medida la circulación y reduce de manera importante el número de escaleras, por ende disminuye de manera importante la carga dinámica del personal.

Implementación a corto plazo, requiere parada de planta e interferencia con el proceso: por la complejidad para la implementación de la primera alternativa, se califica con valor = 0, son muchas las modificaciones y decisiones que se deben tomar para la materialización de esta alternativa, esto hace que no pueda implementar a corto plazo, mientras que las alternativas dos y tres coinciden en una calificación de 4, debido a que requieren prácticamente la misma decisión para su implementación, no requieren parada de planta y podría ser a corto plazo.

Complejidad vs beneficio: la alternativa uno es la más compleja de las tres, recibe una calificación de 1, si bien el beneficio de esta alternativa es importante, requiere un gran esfuerzo para su implementación, su alcance impacta incluso a la refinería en general, la alternativa dos no disminuye la carga dinámica de manera importante en el personal y ese es un enfoque valioso del proyecto, por tal motivo se califica con un valor = 2, mientras que la alternativa tres, mejora sustancialmente los accesos, la circulación en el bloque y por ende la Ergonomía de las personas durante su permanencia en la PSA, su calificación es 4.

Recursos requeridos para su implementación: son nutridos los recursos necesarios para materializar la primera alternativa, interviene un gran número de personas de diferentes

especialidades, al igual que recursos económicos y materiales, por tal razón la calificación es = 1, para la implementación de la segunda alternativa se requiere una cantidad de recursos similares a la tercera alternativa, la diferencia está relacionada con número de escalera, por eso se califica con un valor = 2 a la segunda y con 3 para la tercera.

Facilidades de evacuación: en la primera alternativa la eliminación total de las escaleras, facilita de manera muy importante la evacuación del bloque de proceso, al encontrarse el personal a nivel de piso, tendrá un panorama amplio para evacuar cuando se requiera, por ende esta variable se califica con un valor = 5, para la segunda alternativa se califica con valor = 2 dado que las opciones de evacuación se reducen a una sola escalera por plataforma, mientras que en la tercera alternativa la calificación es de 4 debido a la interconexión entre las plataformas de trabajo y las facilidades para evacuar por los extremos a través de escaleras fijas.

Nivel de autoridad para la toma de decisión: esta variable tiene una mayor complejidad para la primera alternativa, como el alcance es mayor, entonces se tendrán en cuenta muchos más aspectos y será más difícil tomar la decisión para la implementación, siendo la calificación = 0, mientras que la segunda y tercera alternativa coinciden en esta variable, con valor = 4, debido a que las consideraciones para la construcción de ambas son similares y el peso de la decisión final es sobre los beneficios particularidades de cada una.

Basado en la información anterior, específicamente en la ponderación y calificación de las variables de valor agregado para cada alternativa, se procede a la elaboración de la matriz de toma de decisión. Ver figura 18.

Figura 18. Matriz de Toma de Decisión.

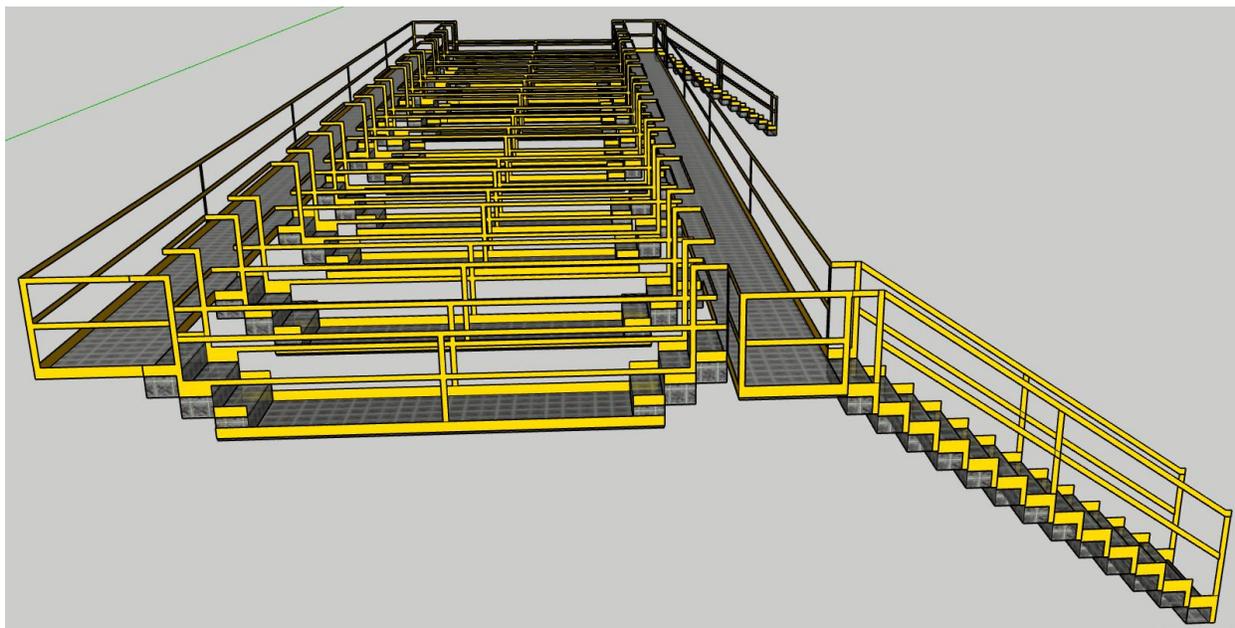
PROPUESTA DE MEJORA ERGONOMICA, ACCESO Y MOVILIDAD EN LA PSA										
ALTERNATIVAS DE MEJORA	VARIABLES DE VALOR AGREGADO									TOTALES
	Eliminación de peligros	Disminución de carga dinámica	Implementación a corto plazo	Requiere parada de planta	Interferencia con el proceso	Complejidad vs Beneficio	Recursos requeridos para la implementación	Facilidades de evacuación	Nivel de autoridad en la toma decisión.	
Disminuir la altura de la instrumentación.	5	5	0	0	0	1	1	5	0	2,65
Instalación de 11 escaleras fijas con inclinación a 45°.	5	1	4	4	4	2	2	2	4	3,45
Plataformas de interconexión.	5	4	4	4	4	4	3	4	4	4,25
Ponderación (%)	0,3	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	100%

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la puntuación total de cada alternativa en la Matriz de Toma de Decisión, se debe seleccionar la tercera alternativa, debido a que fue la de mayor calificación o puntuación, esta alternativa se refiere a la construcción de dos plataformas laterales de circulación elevada que se interconectan en cada extremo de las 11 plataformas existentes en la PSA, con dos accesos en escaleras con inclinación estándar a 45°.

Finalmente, como parte de las fases y actividades del diseño metodológico, se realiza mediante modelado 3D en Sketchup Pro 2020 el prototipo de la alternativa seleccionada. Ver figura 19, anexo 3, anexo 4 y anexo 5.

Figura 19. Plataformas laterales de circulación elevada con interconexión a las 11 plataformas existentes de la PSA.



Fuente: Elaboración propia, mediante modelado 3D en Sketchup Pro 2020. Esta imagen representa una vista simplificada de la propuesta de plataforma de circulación elevada seleccionada. Se basa en dos plataformas laterales interconectadas a las 11 plataformas existentes en la PSA y fue construido con medidas reales de la sección de proceso y cumpliendo con los estándares y normativas vigentes de la organización.

10 Conclusiones

Las consideraciones más importantes de este trabajo están enfocadas en mitigar, reducir y/o eliminar aquellos factores de riesgos y peligros que desfavorecen el desarrollo normal de actividades rutinarias en la PSA y que, a su vez, atentan contra el bienestar, la salud y comodidad de las personas que operan y mantienen las unidades de generación de Hidrógeno en refinería de Cartagena. Estos escenarios desfavorables están sujetos a las condiciones de acceso a las plataformas de trabajo a través de escaleras verticales y la movilidad general en el bloque, por lo cual se concluye que una medida ideal sería eliminar el peligro que genera dicha condición y esta es la razón por la que se considera adecuada la selección de la propuesta de plataformas laterales de interconexión, como la solución que mejor responde al problema de este proyecto, al tiempo que se alinea con el objetivo general y materializa completamente el tercer objetivo específico, que se refiere a disminuir en un 50% la carga dinámica en el personal y reducir en un 60% el uso de elementos de protección personal (EPPs) para trabajos en alturas.

Sin duda, con la implementación de las plataformas elevadas de circulación e interconexión laterales, se podrá disminuir sustancialmente la carga dinámica del personal, la cual está definida por el número de ascensos y descensos de las plataformas de trabajo a través de escaleras verticales, que en la actualidad corresponden a 22 ocasiones como mínimo durante un turno de 12 horas, pero que con la implementación de la alternativa seleccionada solo se requerirá de dos ascensos y descensos a través de escaleras fijas, esto se traduce en una reducción de la carga dinámica y los riesgos ergonómicos muy por encima del 50% que era lo sugerido. Situación similar sucede con el uso de elementos de protección personal específicos para trabajos en altura (EPPs), si bien no se elimina la altura como peligro, si se elimina la

condición y consideración como trabajos en alturas para todas las labores ejecutadas en el sitio, por tanto, se reduce al 100% el uso de los equipos de protección personal para trabajos en altura, superando las expectativas del 60% a las que hace mención este objetivo.

11 Lista de Referencias

- Alonso, A. (22 de Febrero de 2017). *prevencionar.com*. Obtenido de <https://prevencionar.com/2017/02/22/mas-del-50-los-accidentes-del-trabajo-pais-vasco-se-deben-sobreesfuerzos/>
- Alvarez, F. (2011). *Salud Ocupacional*. Ecoe Ediciones.
- BIBLIOUAN - eLibro. (1994). CALIDAD TOTAL. McGraw-Hill Interamericana. Obtenido de <https://ezproxy.uan.edu.co:2830/es/ereader/bibliouan/73515?page=122>
- Chapanis, W. K. (11 de Mayo de 2018). *Human-factors engineering*. Obtenido de <https://www.britannica.com/topic/human-factors-engineering>
- Compliance, N. S. (s.f.). *Resbalones, tropiezos y caidas*. Obtenido de http://rm.rutherfordcountyttn.gov/documents/slip_trip_fall_safety_trng_spanish.pdf
- GABO, J. V. (2008). MODELOS DE ESTUDIOS EN INVESTIGACIÓN APLICADA: CONCEPTOS Y CRITERIOS PARA EL DISEÑO. *Medicina y seguridad en el trabajo*, 81-88.
- Gan, F. (2012). *analisis de Problemas y toma de decisiones*. Ediciones Diaz de Santos.
- Instituto Nacional de Seguridad en el Trabajo. (2011). *seguridad en el trabajo*. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Recuperado el Octubre de 2020, de <https://www.insst.es/documents/94886/599872/Seguridad+en+el+trabajo/e34d1558-fed9-4830-a8e3-b0678c433bb1>
- Jose Torres, O. J. (2014). *Diseño y analisis del puesto de trabajo: Herramienta para la gestion del talento Humano*. Barranquilla: Universidad del Norte. Recuperado el Octubre de

2020, de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Diseno-y-analisis-del-puesto-de-Jose-Luis-Torres-Laborde.pdf>

Leiros, L. I. (2009). Historia de la Ergonomía. *REVISTA DE LA HISTORIA DE LA PSICOLOGIA*, 33-53. Recuperado el Octubre de 2020

Magallanes, D. (03 de Octubre de 2010). *concepto y clasificacion de los materiales*. Obtenido de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Concepto-y-Clasificacion-De-Los-Materiales/842555.html>

Ministerio de justicia de Colombia. (26 de Mayo de 2015). *Sistema unico de informacion normativa*. Obtenido de <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/30019522>

Ministerio del trabajo. (23 de Julio de 2012). Resolucion 1409 de 2012. *Reglamento de seguridad para proteccion contra caidas en trabajos en altura*. Bogota, Colombia. Recuperado el Octubre de 2020, de https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/45107/resolucion_00001409_de_2012.pdf

Osalan. (2011). *Instituto Vasco de seguridad y salud laborales*. Obtenido de <https://www.osalan.euskadi.eus/areas-de-actuacion/-/especialidades-preventivas/ergonomia/>

pino, J. T. (s.f.). *Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales España*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_404.pdf/5fb3590b-8f8f-4f0e-bf66-cc3dff015cf4

REFINERIA DE CARTAGENA. (09 de Septiembre de 2012). *Guia para construccion de escaleras*. Cartagena.

Hidrogeno. Cartagena.

Saavedra, C. (s.f.). *Academia*. Recuperado el septiembre de 2020, de

https://www.academia.edu/20422784/Ergonomia_Conceptos

Singleton, W. T. (12 de Febrero de 1982). *prevencionar.com*. Obtenido de Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo:

[https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+29.+Ergonom%C3%](https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+29.+Ergonom%C3%ADa)

[ADa](https://www.insst.es/documents/94886/161958/Cap%C3%ADtulo+29.+Ergonom%C3%ADa)

Universidad Catolica del Uruguay. (Mayo de 2012). *Ciencias Psicologicas*. Recuperado el octubre de 2020, de Riesgos Psicosociales en el lugar de Trabajo:

<https://www.redalyc.org/pdf/4595/459545416007.pdf>

visbal, G. (2018). *Grupo visbal*. Obtenido de Regillas metalicas Visbal:

<https://grupovisbal.com/rejillas-metalicas/>

Zapata Gómez, A. (2020). *Ciclo de la calidad PHVA*. Colombia: Editorial Universidad Nacional de Colombia.

12 ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía						
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD					
Cargo:	Mantenedor instrumentista					
Actividades del Trabajo						
Revisión de switch de posición de XV-3401, mantenimiento general local de válvula y accesorios Pruebas de funcionamiento de válvula XV- 3401						
Turno	<input checked="" type="checkbox"/>	Primero	<input type="checkbox"/>	Segundo	<input type="checkbox"/>	Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	Si su respuesta fue NO, describa:	
Resumen - Elementos de Acción						
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 						
Elemento de Acción		Responsable				Fecha Límite
Referente a la XV-3401, se requiere modificar la rutina general de mantenimiento de los switch de posición.		Supervisor de operaciones				NA
Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación		supervisor de operaciones				NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía						
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-115 PHD					
Cargo:	Mantenedor metalmecánico					
Actividades del Trabajo						
Desmontar válvula de control PV-3508						
Turno	<input checked="" type="checkbox"/>	Primero	<input type="checkbox"/>	Segundo	<input type="checkbox"/>	Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	Si su respuesta fue NO, describa:	
Resumen - Elementos de Acción						
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 						

Elemento de Acción	Responsable	Fecha Límite
Realizar mantenimiento a los arrestadores de caída instalados en las escaleras verticales, no operan bien y están oxidados.	Supervisor de operaciones - operador de planta	NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía		
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-115 PHD	
Cargo:	Operador de planta	
Actividades del Trabajo		
Normalizar presiones en tambores de la PSA, para recuperar la operación normal de la pareja.		
Turno	<input checked="" type="checkbox"/> Primero <input checked="" type="checkbox"/> Segundo <input type="checkbox"/> Tercero	
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta fue NO, describa: __	
Resumen - Elementos de Acción		
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 		
Elemento de Acción	Responsable	Fecha Límite
Realizar mantenimiento a los arrestadores de caída instalados en las escaleras verticales, algunos están dañados y otros ni siquiera están instalados.	Supervisor de operaciones - operador de planta	NA
Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación	supervisor de operaciones	NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía	
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-115 PHD
Cargo:	Operador de planta
Actividades del Trabajo	
Cerrar válvulas manuales para asegurar condición de salida de servicio de pareja de tambores de la PSA por falla de válvula de control PV-3506.	
Turno	<input checked="" type="checkbox"/> Primero <input checked="" type="checkbox"/> Segundo <input type="checkbox"/> Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta fue NO, describa:
Resumen - Elementos de Acción	

Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir: <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 				
Elemento de Acción	Responsable			Fecha Límite
Escaleras verticales de acceso a plataformas de trabajo, que dificultan la atención rápida y segura de la unidad, sin tener que violar las normas establecidas por Ecopetrol referentes a los trabajos en altura.	Supervisor de operaciones - operador de planta			NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía				
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD			
Cargo:	Mantenedor instrumentista			
Actividades del Trabajo Cambio de posicionador en válvula de control PV-3305				
Turno	<input checked="" type="checkbox"/> Primero <input checked="" type="checkbox"/> Segundo <input type="checkbox"/> Tercero			
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta fue NO, describa:			
Resumen - Elementos de Acción				
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir: <ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 				
Elemento de Acción	Responsable			Fecha Límite
Instalar facilidad para acceder mejor a las válvulas de control, las posiciones adoptadas son incómodas.	Supervisor de operaciones - operador de planta			NA
Cambiar escaleras verticales por escaleras de peldaños a 45°, para no tener que usar arnés de seguridad contra caídas.	supervisor de operaciones - operador de planta			NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía	
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-115 PHD
Cargo:	Mantenedor instrumentista
Actividades del Trabajo Mantenimiento a exosto de XV-3405	
Turno	<input type="checkbox"/> Primero <input checked="" type="checkbox"/> Segundo <input type="checkbox"/> Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta fue NO, describa:

Resumen - Elementos de Acción				
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:				
1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo				
Elemento de Acción	Responsable			Fecha Límite
Retirar andamios instalados en el sitio de la actividad, cubrir los huecos que están en piso, ya que representan riesgos de caída del personal.	Supervisor de operaciones - operador de planta			NA
Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación	supervisor de operaciones			NA
Conectar las plataformas para no tener que bajar y subir tanto por esas escaleras verticales	Supervisor de operaciones - operador de planta			NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía	
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD
Cargo:	Mantenedor instrumentista
Actividades del Trabajo Revisar válvula de control PV-3508	
Turno	<input type="checkbox"/> Primero <input checked="" type="checkbox"/> Segundo <input type="checkbox"/> Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No Si su respuesta fue NO, describa:
Resumen - Elementos de Acción	
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:	
1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo	
Elemento de Acción	Responsable
Instalar arrestados de caída en escalera vertical	Supervisor de operaciones - operador de planta
Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación	supervisor de operaciones

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía	
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-115/116 PHD
Cargo:	Operador de planta
Actividades del Trabajo Ronda estructurada general a PSA – verificar condiciones normales de operación Engrase de volantas de válvulas de mariposa	
	<input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Turno	Primero	Segundo	Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	Si su respuesta fue NO, describa:
Resumen - Elementos de Acción			
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 			
Elemento de Acción		Responsable	Fecha Límite
Cambiar escaleras verticales por otras de fácil acceso		Supervisor de operaciones - operador de planta	NA
Mejorar el acceso a las válvulas y equipos de instrumentación		supervisor de operaciones	NA
Interconectar las plataformas de trabajo para mejorar la circulación en sección de proceso		Supervisor de operaciones - operador de planta	NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía			
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD		
Cargo:	Mantenedor instrumentista		
Actividades del Trabajo			
Cambio de actuador de válvula de control PV-3203			
Turno	<input checked="" type="checkbox"/> Primero	<input type="checkbox"/> Segundo	<input type="checkbox"/> Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No	Si su respuesta fue NO, describa:
Resumen - Elementos de Acción			
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación? Los elementos de acción pueden incluir:			
<ol style="list-style-type: none"> 1. Recomendaciones para hacer cambios específicos 2. Asignación para investigar el problema más a fondo 			
Elemento de Acción		Responsable	Fecha Límite
Modificar andamios instalados en el sitio		Supervisor de operaciones - operador de planta	NA
Cambiar la categorización de los trabajos realizados en la PSA, no deberían ser considerados trabajos en altura.		Supervisor de operaciones - operador de planta	NA

Hoja de Trabajo - Innovación en Ergonomía						
Área:	Sección de purificación de Hidrogeno PSA U-116 PHD					
Cargo:	Operador de planta					
Actividades del Trabajo						
Normalizar presiones en tambores de la PSA, para recuperar la operación normal de la pareja.						
Turno	<input type="checkbox"/>	Primero	<input checked="" type="checkbox"/>	Segundo	<input type="checkbox"/>	Tercero
Operación Normal	<input checked="" type="checkbox"/>	Sí	<input type="checkbox"/>	No	Si su respuesta fue NO, describa:	

Resumen - Elementos de Acción						
Basado en sus hallazgos ¿cuáles son los elementos de acción desde esta evaluación?						
Los elementos de acción pueden incluir:						
1. Recomendaciones para hacer cambios específicos						
2. Asignación para investigar el problema más a fondo						
Elemento de Acción		Responsable				Fecha Límite
Mejorar condiciones de acceso a la plataforma de trabajo		Supervisor de operaciones - operador de planta				NA
Interconectar las plataformas de trabajo para facilitar la circulación.		supervisor de operaciones				NA

Anexo 2. Formato de encuesta de las condiciones ergonómicas en la PSA.

ERGONOMIA

SECCION DE PURIFICACION DE HIDROGENO – PSA

1. ¿Considera usted que el acceso a las plataformas de trabajo de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

Selecciona todos los que correspondan.

- Seguro
 Medianamente seguro
 Inseguro

2. ¿Considera usted que el tránsito y la circulación de personas en la sección de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

Selecciona todos los que correspondan.

- Incomoda
 Fácil y adecuada
 Segura
 Insegura

3. ¿Considera usted que la postura para el acceso a la instrumentación de la sección de las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

Selecciona todos los que correspondan.

- En una postura incomoda
 Con el tronco girado
 En una postura cómoda y segura

4. ¿Considera usted que el uso de equipos de protección contra caídas usados para las labores desempeñadas en las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno es?

Selecciona todos los que correspondan.

- Necesario
- Incomodo e innecesario
- Seguro e indispensable

5. ¿Considera usted que en las PSA de las unidades de generación de Hidrogeno unamejora es?

Selecciona todos los que correspondan.

- Eliminar las escaleras verticales
- Interconectar las plataformas de trabajo
- Instalar escaleras a 45° para acceder a las plataformas
- No se requiere hacer ningún cambio
- Trabajar por tiempo prolongado con una postura girada e inclinada

Este contenido no ha sido
creado ni aprobado por Google.

Google

[Formularios](#)

Anexo 3. Imágenes reales de la unidad de proceso y la PSA.



Nota: la imagen representa una vista lateral lado sur de la Refinería de Cartagena, en ella se visualizan las unidades de generación de Hidrogeno, en donde se encuentra la sección o bloque de la PSA, que es el sitio específico de la propuesta de mejora a la que se refiere el proyecto.



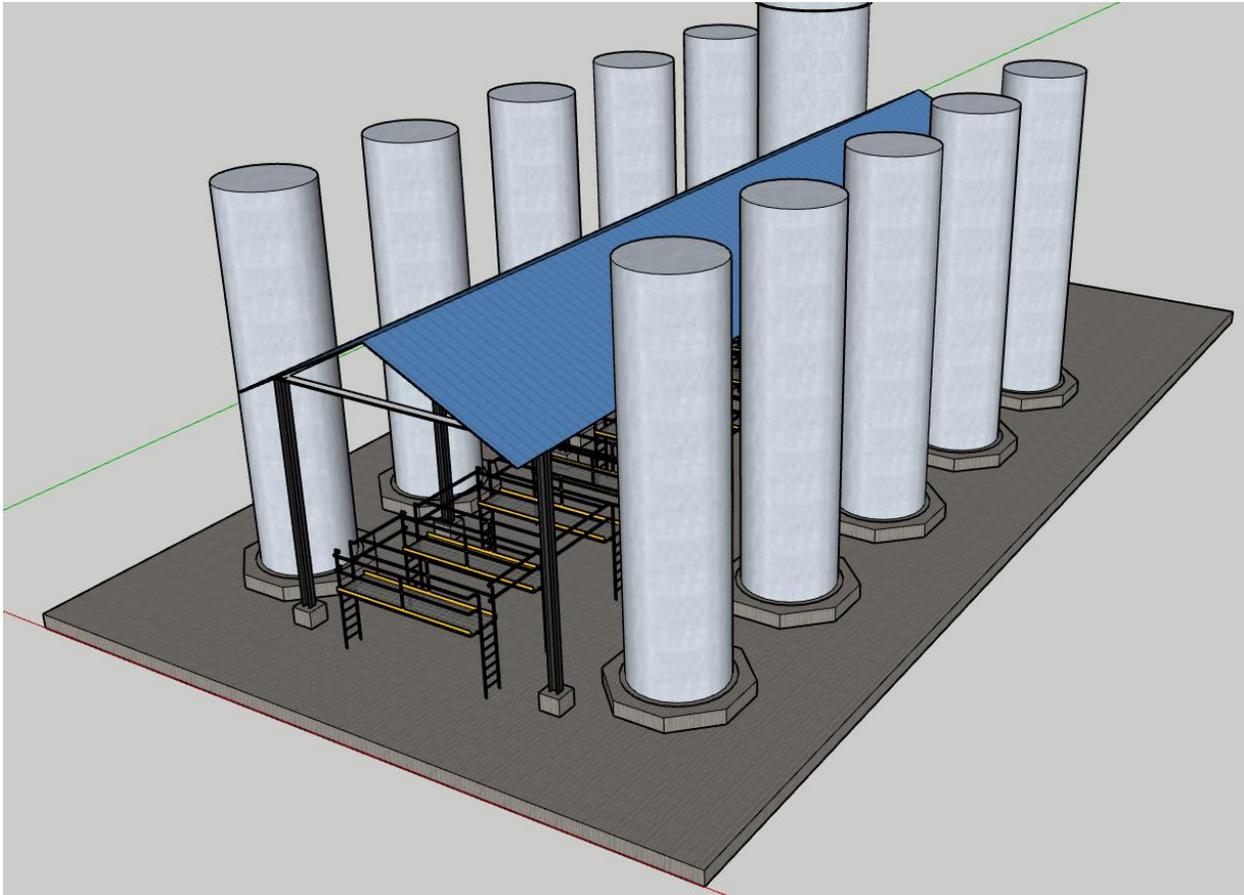
Nota: la imagen corresponde a las unidades de generacion de Hidrogeno de la Refineria de Cartagena, son dos unidades identicas de proceso y una de sus secciones es la de purificacion de Hidrogeno o PSA.



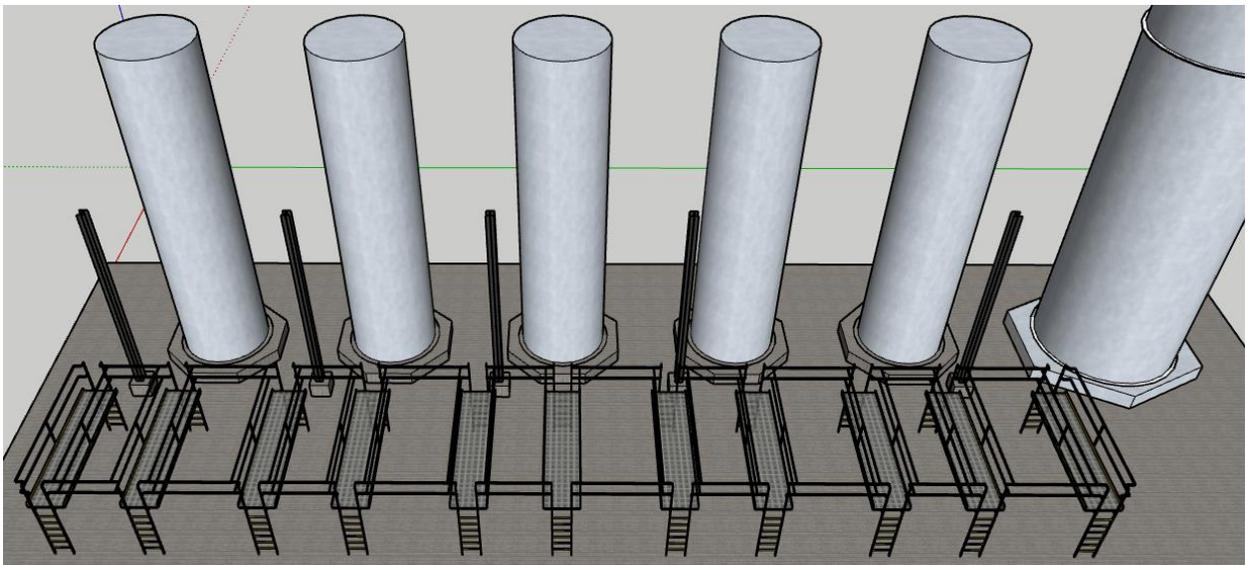
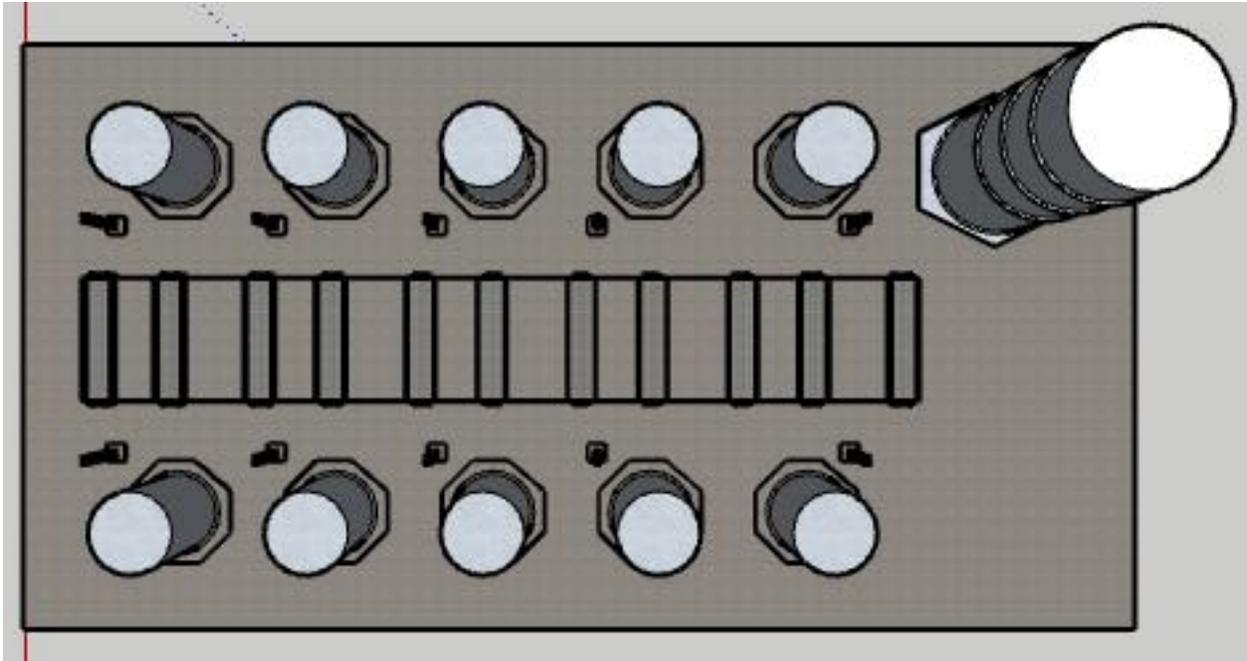


Nota: las imágenes muestran las condiciones reales existentes en la PSA, la forma como están instaladas las plataformas de trabajo con sus respectivas escaleras verticales de acceso.

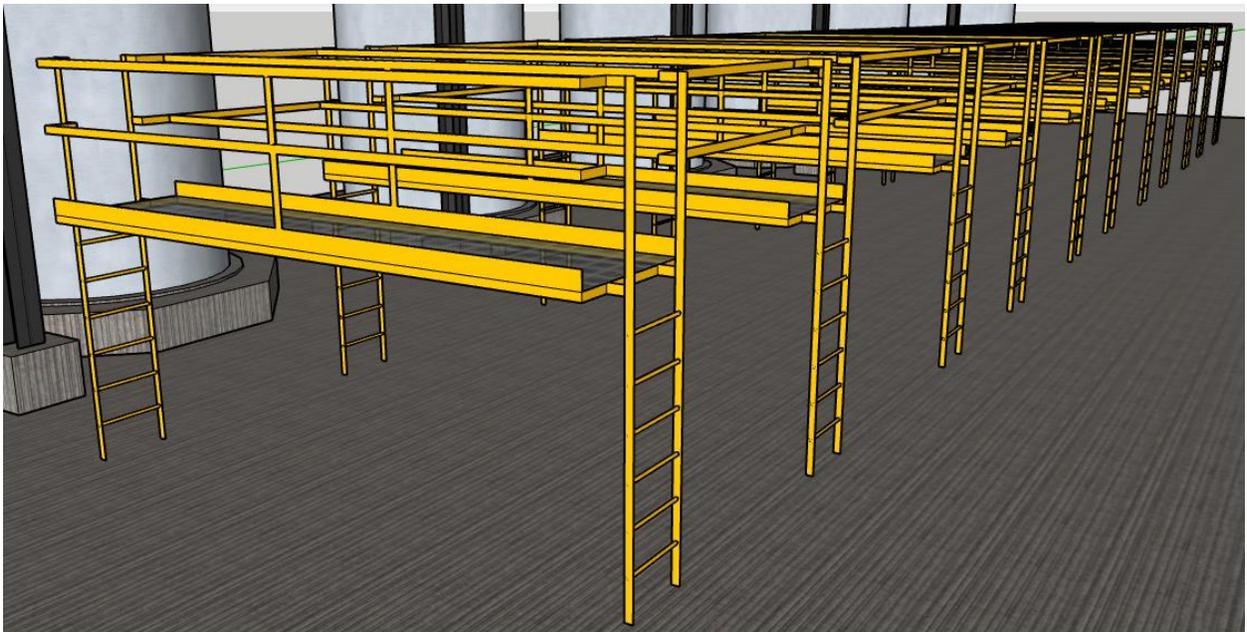
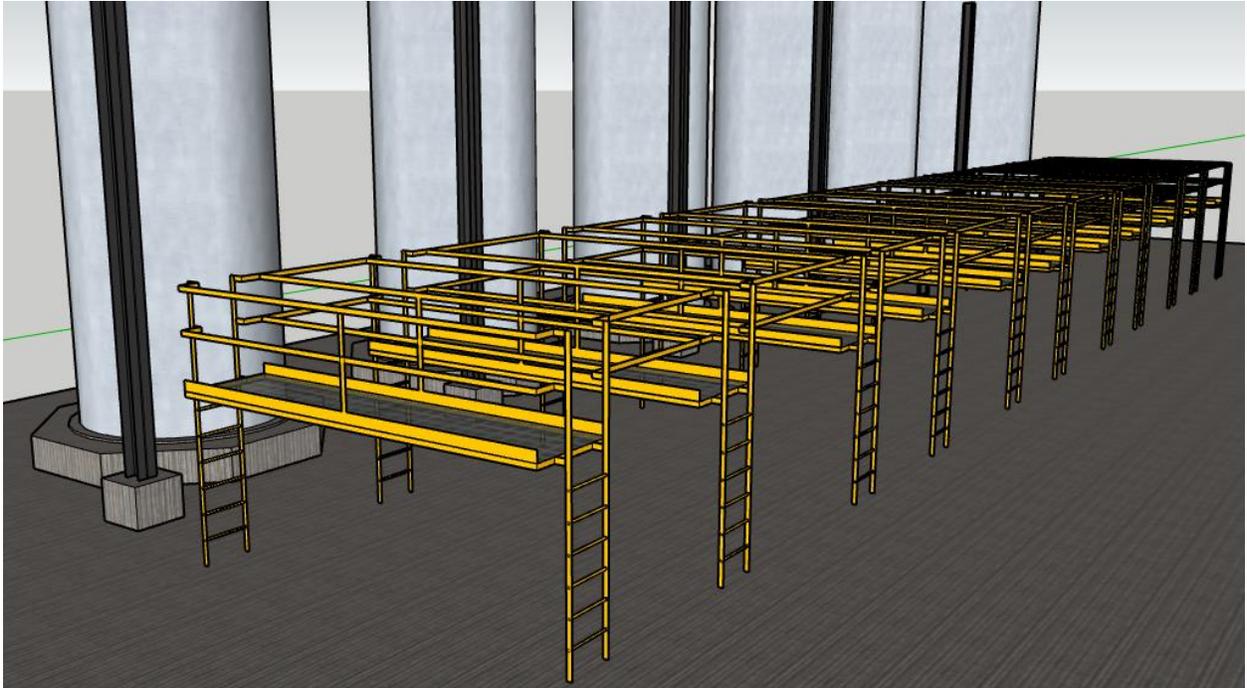
Anexo 4. Modelado 3D en SketchUp Pro 2020 de plataformas existentes en la PSA.



Nota: imagen general de la PSA, plataformas de trabajo actuales con sus escaleras verticales de acceso.

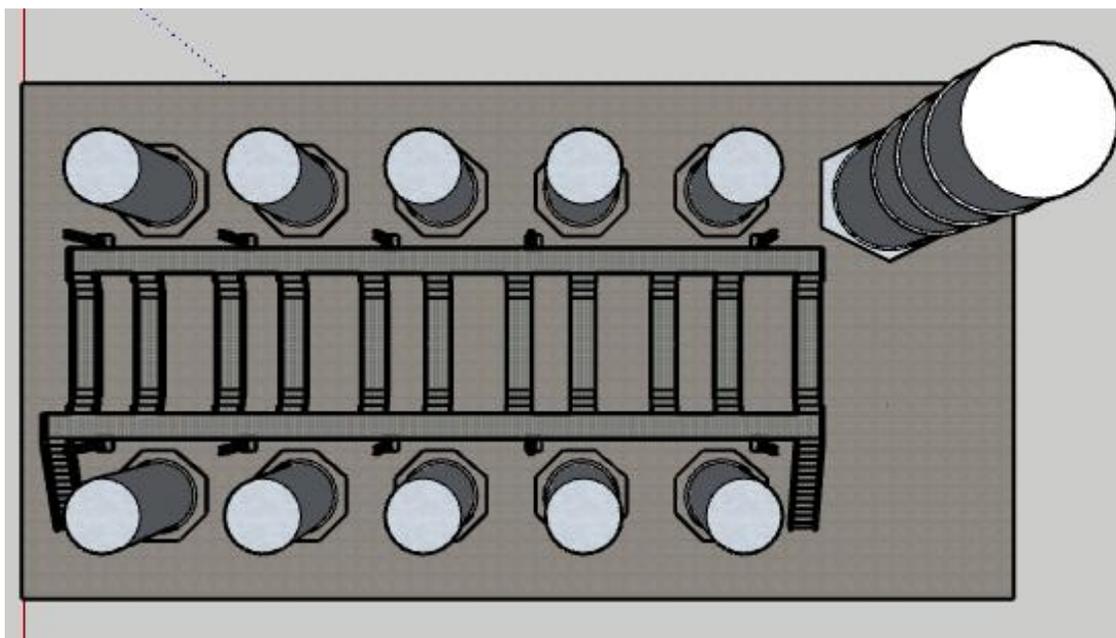
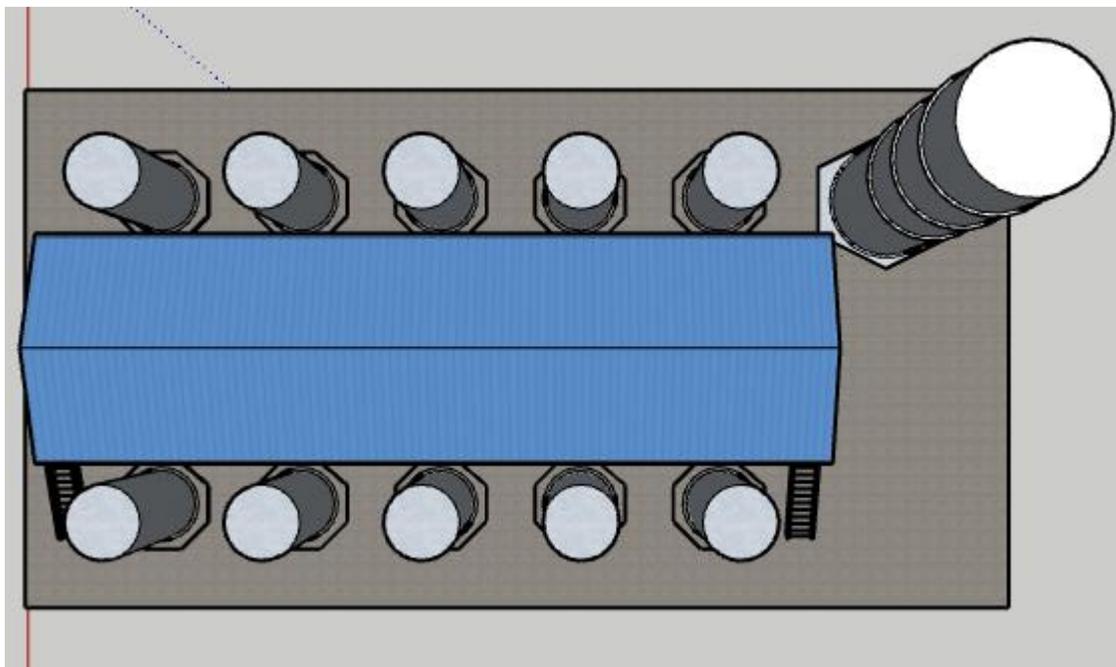


Nota: vista superior y frontal de las plataformas de trabajo existentes en la PSA.

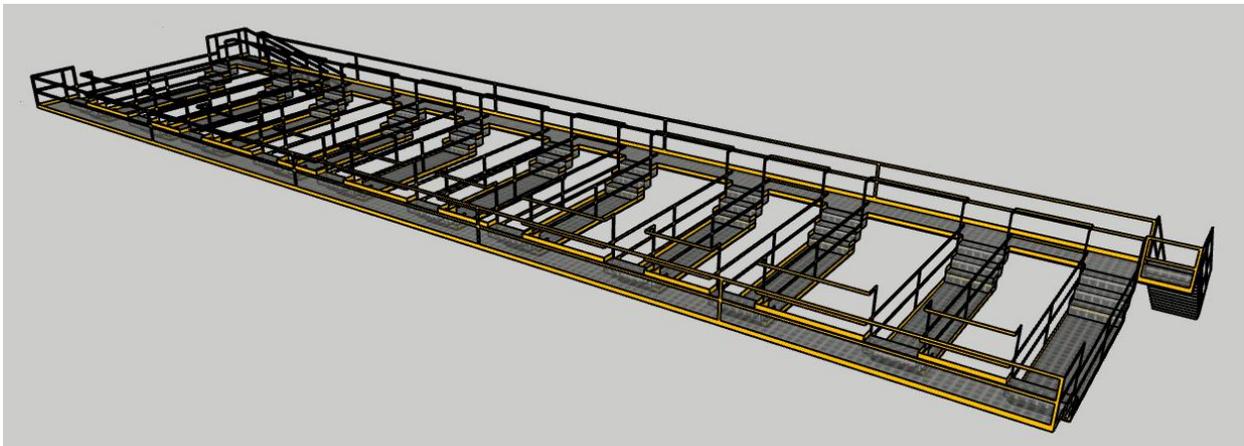
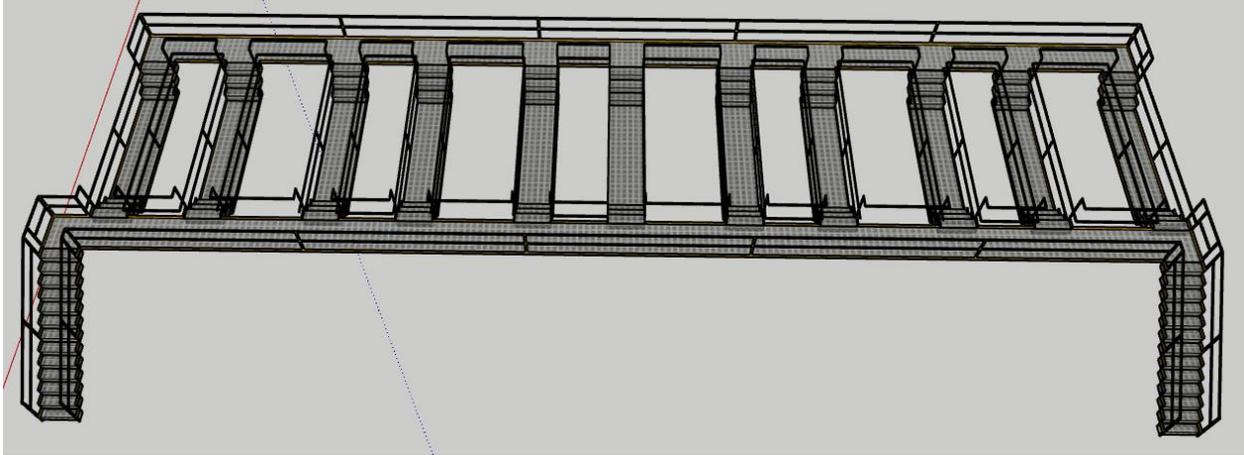


Nota: escaleras verticales de acceso a las plataformas de trabajo en la PSA.

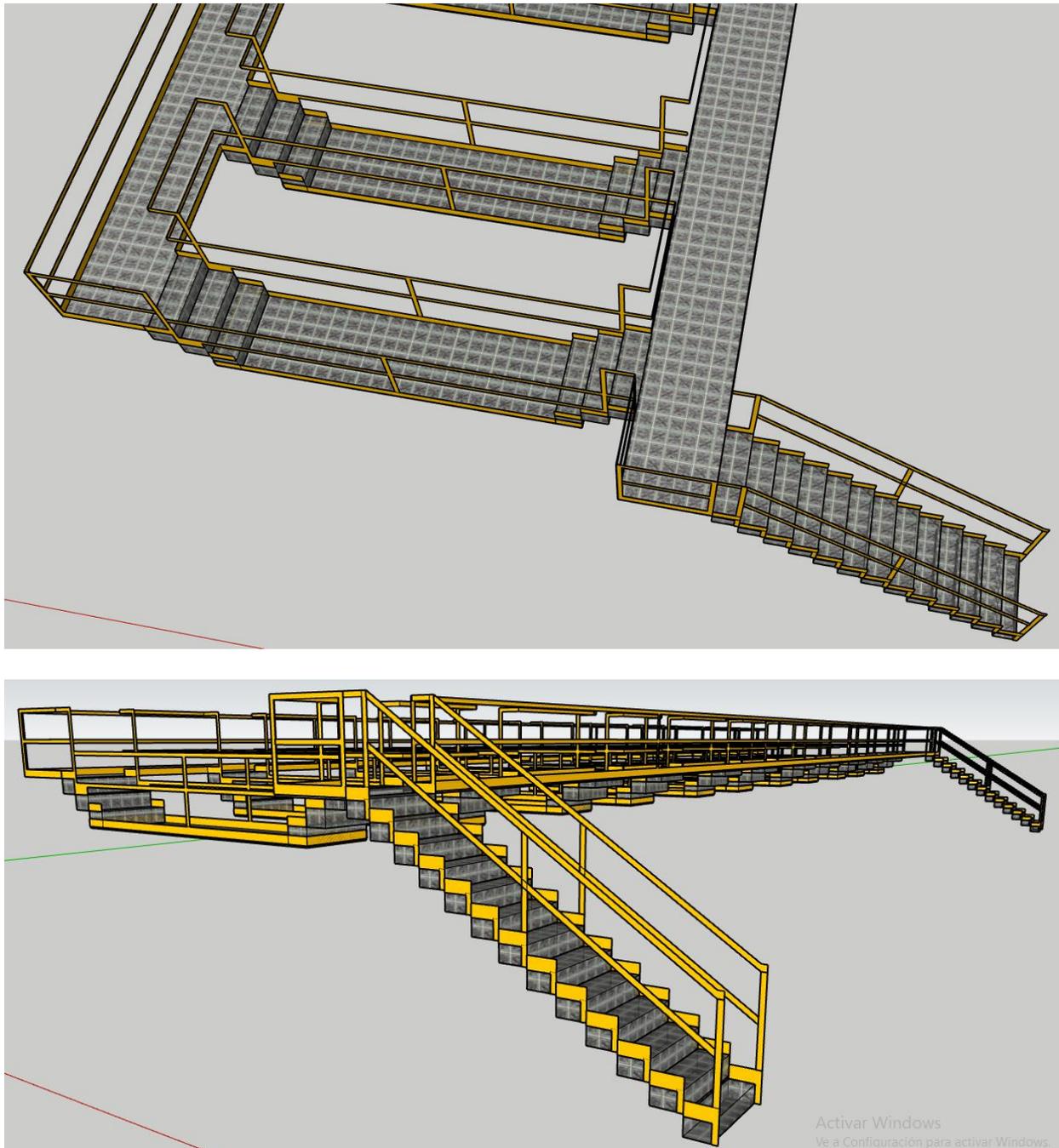
Anexo 5. Modelado 3D en SketchUp pro 2020 para propuesta de nuevas plataformas de circulación elevada en la PSA.



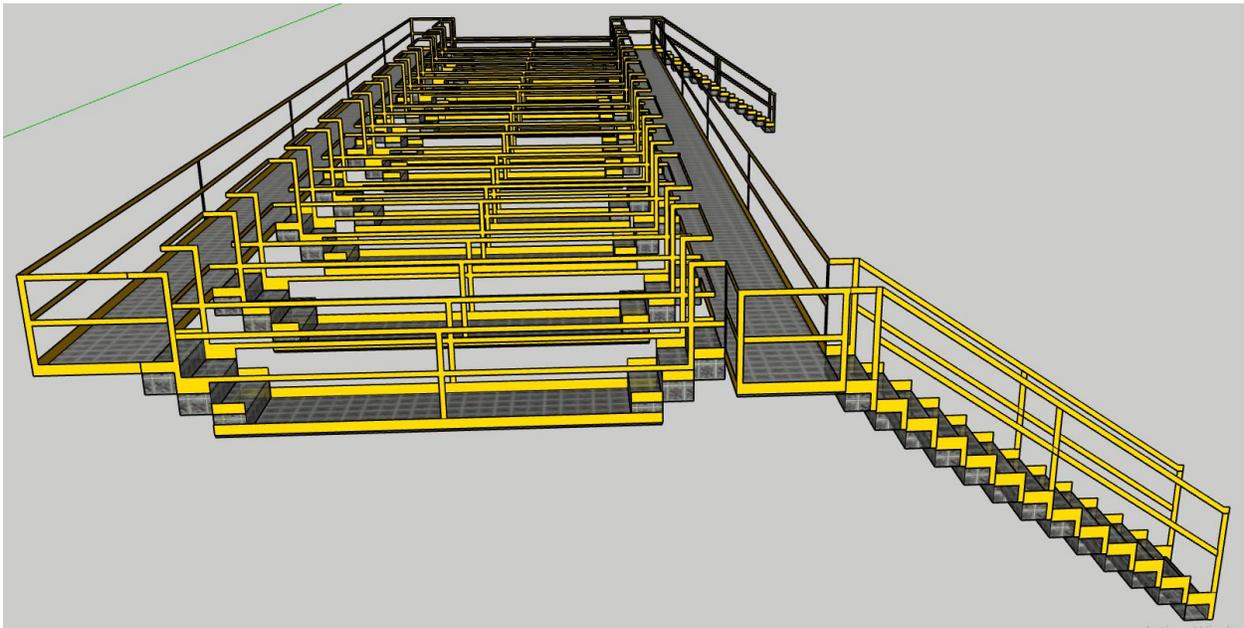
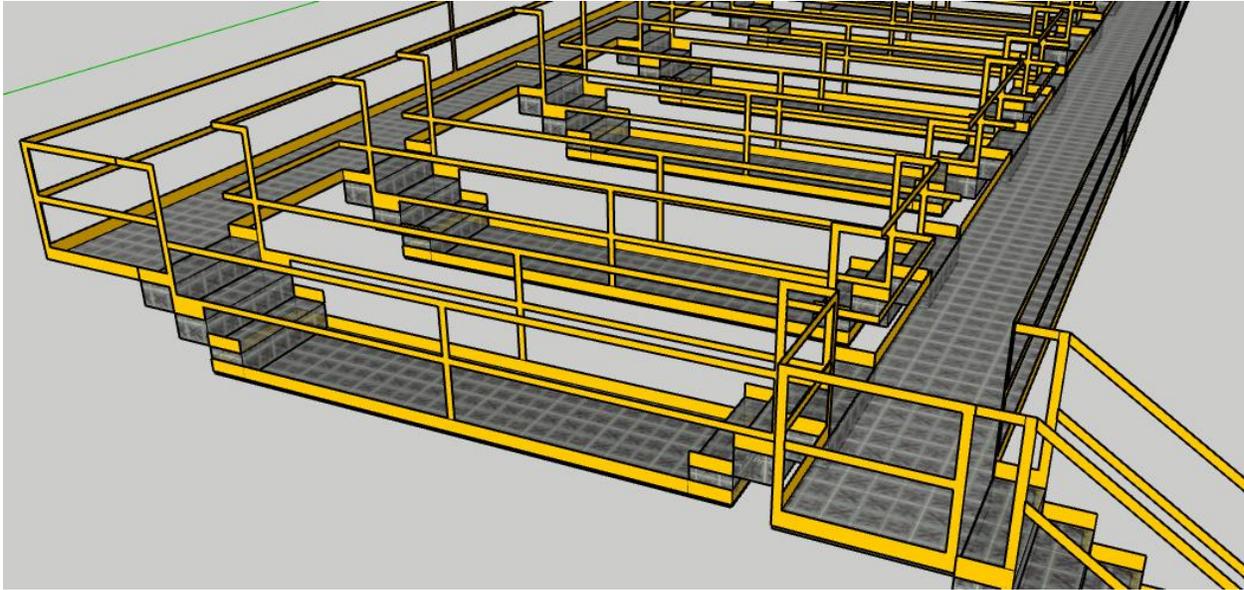
Nota: vista superior de las plataformas de trabajo o circulación elevada propuesta.



Nota: vista simplificada de las plataformas de trabajo propuesta, como resultado de la matriz de toma de decision, muestra las 11 plataformas existentes, la interconexion de las mismas con las dos plataformas laterales y los dos accesos en escaleras fijas con inclinacion estandar a 45°.



Nota: vista simplificada de las plataformas de trabajo propuesta, como resultado de la matriz de toma de decision, muestra las 11 plataformas existentes, la interconexion de las mismas con las dos plataformas laterales y los dos accesos en escaleras fijas con inclinacion estandar a 45°.



Nota: vista general de las plataformas de trabajo propuesta, como resultado de la matriz de toma de decision, muestra las 11 plataformas existentes, la interconexion de las mismas con las dos plataformas laterales y los dos accesos en escaleras fijas con inclinacion estandar a 45°. Este modelado fue construido con medidas reales de la seccion de proceso y cumpliendo con los estandares y normativas de la organización.