



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA



Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO PETROLERO

Presenta:

Alberto Soriano Rodriguez

Dirige:

I.Q. Ramón Edgar Domínguez Betancourt

MÉXICO, D. F., CIUDAD UNIVERSITARIA, 2012

AGRADECIMIENTOS

A mi Mamá

Yolanda Rodriguez Tenorio, por ser la persona que siempre me animaba a levantarme después de caído, la que siempre creyó en mi aun cuando yo dejé de hacerlo, la que cuando me faltó fuerza para realizar alguna labor me prestó la suya, la que porque yo tuviera un futuro digno cedió su salud, tranquilidad, y prácticamente todo, por esto y muchas cosas más, GRACIAS.

A mis Hermanos

En realidad no puedo agradecer en palabras a mis hermanos Angel Soriano Rodriguez y Deni Blanca Soriano Rodriguez, que siempre que pudieron me brindaron su apoyo en todos los sentidos, y expresó mi gratitud esperando que alcancen todas sus metas y objetivos que tienen en la vida.

A mi Director de Tesis

Ing. Ramón Domínguez Betancourt a quien le agradezco el brindarme guía y gran parte de su tiempo para este proyecto que es mi tesis, porque al conocerlo me abrió nuevas puertas a lo que no conocía o ya había olvidado, y por ser la persona que me abrió las puertas cuando las demás parecían cerradas.

A mis Sinodales

Ing. Manuel Villamar Viguera, Dr. Rafael Rodríguez Nieto, Ing. Rafael Viñas Rodríguez y al Ing. Agustín Velasco Esquivel que me brindaron parte de su valioso tiempo para hacer de mí una mejor persona.

A mis amigos

En general a todos los que han cambiado mi vida de un modo u otro, pero especialmente a los que me ayudaron en la carrera que fueron todos mis compañeros de primer semestre a los que recordare, a Cesar Montalvo Merino,

Jacqueline Guerrero Hernández, Eliel Ignacio Calva Ruíz y Gerardo Bonilla Carrillo, a todos ellos muchas gracias, y les deseo mucho éxito y salud en todos sus proyectos.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA
TIERRA
COMITÉ DE TITULACIÓN

Designación de sinodales de Examen Profesional

A los señores profesores:

Presidente:	ING. MANUEL VILLAMAR VIGUERAS
Vocal:	ING. RAMON EDGAR DOMINGUEZ BETANCOURT
Secretario:	DR. RAFAEL RODRIGUEZ NIETO
1er Suplente:	ING. RAFAEL VIÑAS RODRIGUEZ
2o suplente:	ING. JOSE AGUSTIN VELASCO ESQUIVEL

Conforme a la encomienda que hace el Director de la Facultad a este Comité de Titulación para la integración de jurados, me permito informar a ustedes que han sido designados sinodales del Examen Profesional de: SORIANO RODRIGUEZ ALBERTO, registrado con número de cuenta 408099037 en la carrera de INGENIERÍA PETROLERA; quien ha concluido el desarrollo del tema que le fue autorizado y demostró con la **Revisión de Estudios** el cumplimiento de los requisitos de egreso.

Ruego a ustedes se sirvan revisar el trabajo adjunto y manifestar a la Dirección de la Facultad, si es el caso, la aceptación del mismo.

Por indicaciones del Sr. Director, con el fin de asegurar el pronto cumplimiento de las disposiciones normativas correspondientes y de no afectar innecesariamente los tiempos de titulación, les ruego tomar en consideración que para lo anterior cuentan ustedes con un plazo máximo de **cinco días hábiles** contados a partir del momento en que ustedes **acusen recibo de esta notificación**. Si transcurrido este plazo el interesado no tuviera observaciones de su parte, se entendería que el trabajo ha sido aprobado, por lo que deberán **firmar el oficio de aceptación del trabajo escrito**.

Doy a ustedes las más cumplidas gracias por su atención y les reitero las seguridades de mi consideración más distinguida.

Atentamente,

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cd. Universitaria, D.F. a 27 de Marzo de 2012.

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

DR. JOSE ANTONIO HERNÁNDEZ ESPRIÚ

FEX-1
ICH

ÍNDICE

	Páginas
INTRODUCCIÓN	1
1. LA LEGISLACIÓN MEXICANA RELATIVA A LA NORMATIVIDAD	3
1.1 Ley Federal del Trabajo.	4
1.2 Ley Federal sobre Metrología y Normalización.	4
1.3 El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo.	5
2. LA NOM 025 STPS 2008	6
3. EL SENTIDO DE LA VISIÓN	17
4. LA ILUMINACIÓN	23
4.1 La Luz y La Superficie.	23
4.2 La Luz.	
4.3 Fenómenos Físicos Involucrados en el Control Óptico de la Radiación Luminosa.	25
	29
5. LA PERFORACIÓN EN UNA PLATAFORMA COSTA AFUERA	32
5.1 Historia de la Iluminación en la Perforación de Pozos Costa Afuera.	32

	Páginas	
5.2	Plataforma de Perforación Costa Afuera	34
5.3	Tipos de Plataformas de Perforación Costa Afuera	36
5.4	Elementos de Perforación	40
5.4.1	Sistema de Suministro de Energía	41
5.4.2	Sistema de Izaje	41
5.4.3	Sistema de Circulación	43
5.4.4	Sistema de Rotación	46
5.4.5	Sistema de Control	48
5.4.6	Sistema de Mediciones de Control	49
5.5	Áreas de Trabajo con Riesgo Visual en una Plataforma de Perforación Costa Afuera	49
5.5.1	Las Habitaciones	50
5.5.2	Los Pasillos	52
5.5.3	El Helipuerto	52
5.5.4	El Embarcadero o Zona de Amarre	55
5.5.5	El Equipo de Perforación	56
6.	LAS TAREAS VISUALES Y LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN NECESARIOS EN UNA PLATAFORMA DE PERFORACIÓN COSTA AFUERA	58
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
	BIBLIOGRAFÍA	73

	Páginas
GLOSARIO	75
NOMENCLATURA	86

INTRODUCCIÓN

El presente documento se elabora con la finalidad de rescatar un parámetro de seguridad para los trabajadores que es la correcta iluminación para el desarrollo de sus actividades y para cuidar su salud.

Las leyes son las encargadas del cumplimiento de nuestros derechos, por ello comenzaremos con la ley suprema, la base de nuestro sistema jurídico la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, seguido de la Ley Federal del trabajo, la Ley Federal sobre Metrología e Higiene, el reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo hasta el Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social. Las cuales en conjunto se encargan de establecer las condiciones de seguridad e higiene para un trabajo digno.

Continuamos con la presentación de la Norma Oficial Mexicana de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social del año 2008, para la cual se dará un análisis de aplicación en una plataforma de perforación costa afuera, esta norma tiene su fundamento en todo el marco legal anteriormente citado y conserva casi de manera textual el Artículo 19 del Reglamento interior de la Secretaria del trabajo y Previsión Social, el cual cumple con los objetivos que persigue la presente norma.

Se dan a conocer después las características físicas de nuestro sentido de la visión, que es muy complejo y tiene diferentes componentes para cumplir con su función y se busca que este se mantenga en condiciones óptimas para que se pueda tener un ritmo de vida normal. Planteándose cuales son las partes que lo componen y diferenciando las que son más propensas a tener daño por una condición de iluminación deficiente.

Luego se habla de la luz y algunas de sus propiedades solo las que importan para fines de este estudio y que tiene gran impacto. Como se relaciona la luz con las diferentes superficies, la luz en su forma de corpúsculo y en forma de onda, junto con los efectos que esta tiene sobre nuestro sentido de la visión.

Se da un preámbulo general sobre la perforación costa afuera desde su historia documentada hasta sus componentes y las áreas de riesgo visual que son las de interés para fines de este documento.

La parte significativa de este documento se da en el tema final para el cual se deben analizar las tareas visuales, los niveles de iluminación para cada tarea y sus respectivas especificaciones. En las conclusiones y recomendaciones se plantea el aporte del análisis del último capítulo.

1. LA LEGISLACIÓN MEXICANA RELATIVA A LA NORMATIVIDAD

Para comenzar el análisis legal de la aplicación de la Norma Oficial Mexicana 025 de la Secretaria del Trabajo Previsión Social modificada en 2008, a la perforación de un pozo costa afuera tomaremos como base la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, de su Título Sexto, Del Trabajo y de la Previsión Social, y de su Artículo 73.

El Artículo 73 constitucional nos dice que el congreso está facultado para legislar en toda la Republica sobre hidrocarburos y para expedir las leyes del trabajo reglamentarias del Artículo 123.

El Artículo 123 constitucional que menciona que toda persona tiene derecho al trabajo digno y que en su Fracción XIV nos acota las responsabilidades de los accidentes en las plataformas de perforación costa afuera, lo que se menciona respecto a este tema es que los responsables de la perforación serán responsables de los accidentes del trabajo y de las enfermedades profesionales de los trabajadores, sufridas con motivo o en ejercicio de la profesión o trabajo que se ejecuten y por este motivo se deberá pagar una indemnización por muerte, incapacidad temporal o incapacidad permanente para trabajar, de acuerdo a lo que establezcan las leyes.

También establece en su Fracción XV que el responsable de la actividad de perforación está obligado a observar, de acuerdo a la naturaleza de la industria y a los preceptos legales sobre higiene y seguridad en la plataforma de perforación costa afuera y adoptar las medidas adecuadas para prevenir accidentes en el uso de máquinas, instrumentos y materiales de las instalaciones, así como organizar de tal manera que resulte la mayor garantía para la salud y la vida de las personas que ahí laboran.

1.1 Ley Federal del Trabajo

Colocadas en un primer nivel jerárquico en nuestro Sistema Jurídico, son Normas Generales y Permanentes, emanadas de los textos constitucionales con los que deben guardar congruencia, sin contradecirlos, rebasarlos o modificarlos. En nuestro Sistema Jurídico, las leyes son resoluciones del Congreso de la Unión, perteneciente al poder legislativo.

Esta nos hace mención de las relaciones laborales que se encuentran en el Artículo 123 constitucional Apartado A.

La Ley Federal del Trabajo en su Artículo 512 nos señala que en los reglamentos de esta Ley y en los instructivos que las autoridades laborales expidan se fijarán las medidas necesarias para prevenir los riesgos de trabajo y lograr que éste se preste en condiciones que aseguren la vida y la salud de los trabajadores. Y en su Artículo 523 nos indica que la aplicación de las normas de trabajo compete a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

1.2 Ley Federal sobre Metrología y Normalización

Está en su Artículo 3 Fracción XI nos cita lo que es una Norma Oficial Mexicana, la cual se entenderá por, la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación. Su finalidad es la de establecer las condiciones de salud, seguridad e higiene que deberán observarse en las plataformas de perforación costa afuera para fines de

esta tesis y la finalidad es citada de su Artículo 40. En su Artículo 40 se hace mención del procedimiento para la modificación de las normas, solo se hace mención por ser que se hizo una modificación de la NOM 025 STPS 1999 a la NOM 025 STPS 2008.

1.3 El Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente del Trabajo

Este en su Artículo 4 estipula que la Secretaría correspondiente expedirá las Normas en materia de seguridad e higiene en el trabajo, con base en la Ley, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y el presente Reglamento.

En la parte técnica es la que mayor relevancia tiene por que tiene todo un capítulo enfocado a la iluminación. En su Capítulo Séptimo llamado Iluminación, Artículo 95 nos menciona que las áreas, planos y lugares de trabajo, deberán contar con las condiciones y niveles de iluminación adecuadas al tipo de actividad que se realice.

Del Artículo 96 al 98 del presente reglamento y también del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social de su Artículo 19 se tienen los mismos preceptos que se estipulan en la Norma Oficial Mexicana 025 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social modificada en 2008 como obligaciones del patrón.

2. La NOM 025 STPS 2008

Objetivo: establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

Campo de aplicación: la presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo.

Referencias: Para la correcta interpretación de esta Norma, debe consultarse la siguiente norma oficial mexicana vigente o la que la sustituya: NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medida.

Obligaciones del patrón:

- Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a elaborar o poseer.
- Contar con los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o en las tareas visuales de acuerdo con la Tabla 1.
- Efectuar el reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas y puestos de trabajo.
- Contar con el informe de resultados de la evaluación de los niveles de iluminación de las áreas, actividades o puestos de trabajo, y conservarlo mientras se mantengan las condiciones que dieron origen a ese resultado.
- Realizar la evaluación de los niveles de iluminación de acuerdo en esta norma y llevar a cabo el control de los niveles de iluminación.
- Contar con un reporte del estudio elaborado para las condiciones de iluminación del centro de trabajo.

- Informar a todos los trabajadores, sobre los riesgos que puede provocar un deslumbramiento o un nivel deficiente de iluminación en sus áreas o puestos de trabajo.
- Practicar exámenes con periodicidad anual de agudeza visual, campimetría y de percepción de colores a los trabajadores que desarrollen sus actividades en áreas del centro de trabajo que cuenten con iluminación especial.
- Elaborar y ejecutar un programa de mantenimiento para las luminarias del centro de trabajo, incluyendo los sistemas de iluminación de emergencia.
- Instalar sistemas de iluminación eléctrica de emergencia, en aquellas áreas del centro de trabajo donde la interrupción de la fuente de luz artificial represente un riesgo en la tarea visual del puesto de trabajo, o en las áreas consideradas como ruta de evacuación que lo requieran.

Obligaciones de los trabajadores

- Informar al patrón sobre las condiciones inseguras, derivadas de las condiciones de iluminación en su área o puesto de trabajo.
- Utilizar los sistemas de iluminación de acuerdo a las instrucciones del patrón.
- Colaborar en las evaluaciones de los niveles de las áreas o puestos de trabajo y observar las medidas de control implementadas por el patrón.
- Someterse a los exámenes de la vista que indique el patrón.

Reconocimiento de las condiciones de iluminación

El propósito del reconocimiento es identificar aquellas áreas del centro de trabajo y las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar aquéllas donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

Para determinar las áreas y tareas visuales de los puestos de trabajo debe recabarse y registrarse la información del reconocimiento de las condiciones de iluminación de las áreas de trabajo, así como de las áreas donde exista una iluminación deficiente o se presente deslumbramiento y, posteriormente, conforme se modifiquen las características de las luminarias o las condiciones de iluminación del área de trabajo, con los datos siguientes:

- Distribución de las áreas de trabajo, del sistema de iluminación (número y distribución de luminarias), de la maquinaria y del equipo de trabajo;
- Potencia de las lámparas;
- Descripción del área iluminada: colores y tipo de superficies del local o edificio;
- Descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo, de acuerdo con la Tabla 1;
- Descripción de los puestos de trabajo que requieren iluminación localizada, y
- La información sobre la percepción de las condiciones de iluminación por parte del trabajador al patrón.

Evaluación de los niveles de iluminación

Determinar el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes que por su cercanía al trabajador afecten las condiciones de iluminación, según lo establecido en el Apéndice B, y compararlo contra los niveles máximos permisibles del factor de reflexión de la Tabla 2.

Tabla 1
Niveles de Iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo Niveles	Niveles Mínimos de Iluminación en Luxes
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores, tal cual se establece en la Norma Oficial Mexicana 025 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200

<p>Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.</p>	<p>Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.</p>	<p>300</p>
<p>Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.</p>	<p>Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.</p>	<p>500</p>
<p>Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.</p>	<p>Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.</p>	<p>750</p>
<p>Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.</p>	<p>Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.</p>	<p>1000</p>

Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: <ul style="list-style-type: none"> • de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; • exactas y muy prolongadas, y • muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño. 	2000
---	--	------

Tabla 2
Niveles Máximos Permisibles del Factor de Reflexión

Concepto	Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, K_f
Paredes	60 %
Plano de trabajo	50 %

Metodología

De acuerdo con la información obtenida durante el reconocimiento, se establecerá la ubicación de los puntos de medición de las áreas de trabajo seleccionadas, donde se evaluarán los niveles de iluminación.

- + Cuando se utilice iluminación artificial, antes de realizar las mediciones, se debe de cumplir con lo siguiente:
- + Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor;
- + En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición, y

- + Los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.
- + Cuando se utilice exclusivamente iluminación natural, se debe realizar al menos las mediciones en cada área o puesto de trabajo de acuerdo con lo siguiente:
 - + Cuando no influye la luz natural en la instalación ni el régimen de trabajo de la instalación, se deberá efectuar una medición en horario indistinto en cada puesto o zona determinada, independientemente de los horarios de trabajo en el sitio;
 - + Cuando sí influye la luz natural en la instalación, el turno en horario diurno (sin periodo de oscuridad en el turno o turnos) y turnos en horario diurno y nocturnos (con periodo de oscuridad en el turno o turnos), deberán efectuarse 3 mediciones en cada punto o zona determinada distribuidas en un turno de trabajo que pueda presentar las condiciones críticas de iluminación de acuerdo a lo siguiente:
 - + Una lectura tomada aproximadamente en la primera hora del turno;
 - + Una lectura tomada aproximadamente a la mitad del turno, y
 - + Una lectura tomada aproximadamente en la última hora del turno.
- + Cuando sí influye la luz natural en la instalación y se presentan condiciones críticas, efectuar una medición en cada punto o zona determinada en el horario que presente tales condiciones críticas de iluminación.

Ubicación de los puntos de medición.

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, el nivel de iluminación requerido en base a la Tabla 1. La ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo, el cálculo del índice de áreas correspondiente a cada una de las áreas, la posición de la maquinaria y equipo, así como los riesgos informados a los trabajadores.

Las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, de acuerdo a lo establecido en la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) de la Tabla A1, y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido en la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación) de la Tabla A1. En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido.

Tabla A1
Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 < IC < 2	9	12
2 < IC < 3	16	20
3 < IC	25	30

El valor del índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

donde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

En donde x es el valor de índice de área (IA) del lugar, redondeado al entero superior, excepto que para valores iguales o mayores a 3 el valor de x es 4. A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

En pasillos o escaleras, el plano de trabajo por evaluar debe ser un plano horizontal a $75 \text{ cm} \pm 10 \text{ cm}$, sobre el nivel del piso, realizando mediciones en los puntos medios entre luminarias contiguas.

Instrumentación

Se debe usar un luxómetro que cuente con:

- Detector para medir iluminación;
- Corrección cosenoidal;
- Corrección de color, detector con una desviación máxima de $\pm 5\%$ respecto a la respuesta espectral fotópica, y
- Exactitud de $\pm 5\%$ (considerando la incertidumbre por calibración).

Se debe verificar el luxómetro antes y después de iniciar una evaluación conforme lo establezca el fabricante y evitar bloquear la iluminación durante la realización de la evaluación.

El luxómetro deberá contar con el certificado de calibración de acuerdo a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Evaluación del factor de reflexión.

Metodología

Los puntos de medición deben ser los mismos que se establecen en la sección anterior.

+ Cálculo del factor de reflexión de las superficies:

- Se efectúa una primera medición (E1), con la fotocelda del luxómetro colocada de cara a la superficie, a una distancia de 10 cm ± 2 cm, hasta que la lectura permanezca constante;
- La segunda medición (E2), se realiza con la fotocelda orientada en sentido contrario y apoyada en la superficie, con el fin de medir la luz incidente, y
- El factor de reflexión de la superficie (Kf) se determina con la ecuación siguiente:

$$Kf = \frac{E1 * 100}{E2}$$

Control

Si en el resultado de la medición se observa que los niveles de iluminación en las áreas de trabajo o las tareas visuales están por debajo de los niveles indicados en la Tabla 1 ó que los factores de reflexión estén por encima de lo establecido en la Tabla 2, se deben adoptar las medidas de control necesarias, entre otras, dar mantenimiento a las luminarias, modificar el sistema de iluminación o su distribución y/o instalar iluminación complementaria o localizada. Para esta última medida de control, en donde se requiera una mayor iluminación, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Evitar el deslumbramiento directo o por reflexión al trabajador;
- Seleccionar un fondo visual adecuado a las actividades de los trabajadores;
- Evitar bloquear la iluminación durante la realización de la actividad, y
- Evitar las zonas donde existan cambios bruscos de iluminación.

Mantenimiento

En el mantenimiento de las luminarias se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- La limpieza de las luminarias;
- La ventilación de las luminarias;
- El reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante;

- Los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y
- Los elementos de preencendido o de calentamiento.

3. EL SENTIDO DE LA VISIÓN

Es conveniente abordar este tema por ser que las dos partes que laboran en la plataforma petrolera, con las figuras jurídicas del obrero y el patrón resultan beneficiados con el cumplimiento de esta norma. Desde el punto de vista del trabajador no tiene por qué arriesgar su salud y hasta la pérdida de su vista, además de no privarse de hacer las actividades a las cuales está acostumbrado solo por un descuido. Ahora por parte de la figura del patrón, no tiene que pagar indemnización por pérdida de algún miembro y por pérdida de la visión, según lo estipule la Ley Federal del Trabajo y aunado a esto si cumple con todos los requerimientos de la norma puede obtener más beneficios por el tiempo que el trabajador dure en el trabajo.

Tenemos cinco formas de percibir nuestro ambiente que son los que nos permiten entenderlo y desarrollar nuestras actividades de manera cotidiana, que son, la vista, el oído, el gusto, el tacto y el olfato, para fines de este trabajo nos enfocaremos en la visión. Cada uno de los órganos de los sentidos está especializado en la percepción de una clase de sensaciones, para lo cual posee receptores específicos. La percepción pertenece al ámbito de la fisiología de la corteza cerebral, donde se elaboran las sensaciones.

La vista es el sentido que nos permite percibir la forma de los objetos a distancia, y también su color. La luz que llega de ellos es captada por una capa sensible, la retina, que manda la imagen al cerebro para ser interpretada. El funcionamiento del ojo es análogo al de una cámara fotográfica.

Las partes que componen al ojo son las siguientes:

El globo ocular es un órgano casi esférico, de unos 24 mm de diámetro que se halla incluido en su órbita, se encuentra protegido y está dividido en dos cámaras:

la anterior o frontal, que es la menor, y la posterior, que constituye la mayor parte del globo ocular. Existen dos capas que lo recubren en su totalidad: la esclerótica y la coroides. Ver Figura 3.1.

La capa esclerótica está formada por fibras de tejido colágeno entretrejidas en todas las direcciones del espacio, que constituyen una capa blanquecina que se encarga de mantener la forma del ojo. Se halla por fuera de la coroides, y en la parte anterior del ojo da lugar a la córnea.

La capa coroides en ella hay gran cantidad de vasos sanguíneos y pigmentos, que dan al globo ocular su color pardo. En la parte frontal da lugar a dos estructuras, el iris y el cuerpo ciliar, que se hallan entre las cámaras anterior y posterior del ojo.

La córnea es la capa que pone en contacto el ojo con el aire, y es muy resistente debido a que está formada por fibras colágenas. Dado que debe dejar traspasar la luz, es una estructura casi transparente y apenas posee vasos sanguíneos. Ello es posible porque se trata de una capa muy fina que puede tomar el oxígeno directamente del aire.

El iris se encuentra entre las cámaras anterior y posterior del ojo, y esencialmente se trata de un grupo de músculos circulares y radiales que rodean al orificio por donde pasa la luz al fondo del ojo. Dicho orificio se denomina pupila, la pupila se agranda y se reduce según la cantidad de luz que llega al ojo, con lo que las estructuras internas quedan protegidas. Es importante destacar que los cambios bruscos de cambios de luz, causan deslumbramiento porque el movimiento de contracción o relajación de este musculo no es tan rápido y nos toma muchos segundos el poder adaptarnos a la nueva iluminación.

El cuerpo ciliar se halla a continuación del iris y llega hasta la retina, la capa sensible a la luz. Recibe su nombre porque en él se encuentra el músculo ciliar,

que tira del cristalino haciendo modificar su curvatura. Esta es la más importante para fines de este trabajo por ser la que más resulta lesionada por un ambiente inapropiado de iluminación, esta capa puede perder su función causando pérdida temporal, parcial o total de la vista.

El cristalino es la lente de enfoque del ojo, ya que puede modificar su curvatura cuando el músculo ciliar se contrae. Su forma es biconvexa, es decir, más gruesa en el centro que en los laterales. Según la curvatura, desvía más o menos los rayos de luz. Es el que nos da la capacidad de lectura corta o larga distancia.

La cámara anterior del ojo que está limitada por el iris, el cristalino y la córnea, se halla llena de un líquido llamado humor acuoso, parecido al plasma sanguíneo.

La cámara posterior del ojo que se encuentra por detrás del cristalino y el cuerpo ciliar, y su capa interna es la retina. En su interior existe una gelatina clara en la que hay fibras colágenas y que recibe el nombre de humor vítreo.

La retina es la que forra el interior de la cámara posterior del ojo, llegando hasta el cuerpo ciliar por delante. Es la capa sensible a la luz y está formada por tres estratos. El primero de ellos está formado por neuronas que son excitadas por la llegada de la luz. Su terminación puede ser de dos tipos, en forma de bastoncillo o en forma de cono, por lo que ambos tipos de neuronas reciben el nombre de bastones y conos.

Los bastones se hallan distribuidos por toda la retina, pero son más abundantes en la periferia que en el centro. Existen entre 70 y 150 millones de ellos en cada ojo; son muy sensibles y perciben las diferencias de intensidad de luz debido a que contienen un pigmento llamado rodopsina, es una proteína transmembranal que consta de una parte proteica, opsina, y una no proteica que es un derivado de la vitamina A que es el 11-cis-retinal, también se le llama púrpura visual, debido a

su color. Cuando estamos en la penumbra, únicamente son capaces de ver los bastones, por lo que sólo vemos en blanco y negro.

Los conos nos dan la información sobre el color, ya que son excitados según la longitud de onda de la luz que les llega. Las proteínas receptoras presentes en todos estos conos, estaban realizadas con el mismo esquema que la rodopsina. Cada proteína retinal, utiliza un derivado de la vitamina A, para absorber la luz; y cada una ajusta al retinal para absorber un rango diferente de longitudes de ondas. Las tres tipos de proteínas que poseemos son sensibles uno al rojo, otro al verde y un tercero sensible al azul. Existen sólo siete millones de ellos en cada ojo, y se hallan concentrados en la parte central, especialmente en una zona llamada mancha amarilla.

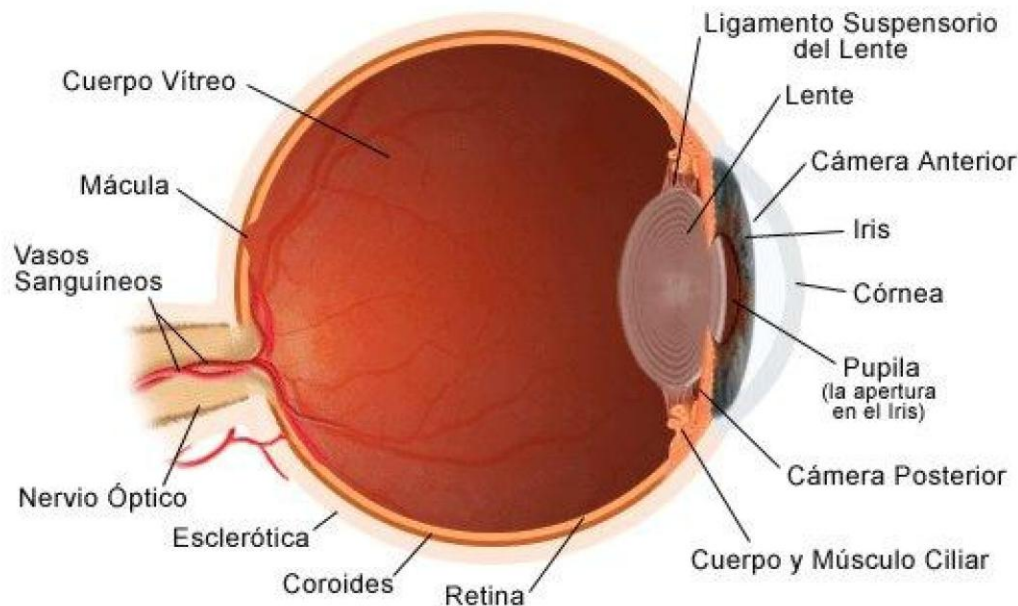


Figura 3.1. Partes del ojo humano.

Estructuras anexas del ojo:

El nervio óptico es el que recoge las sensaciones que provienen de la retina y sale del ojo a través de un orificio de la coroides. En esta pequeña zona circular no existe la retina, por lo que recibe el nombre de mancha ciega.

Los músculos oculares se encuentran por fuera del globo ocular hay una serie de músculos que permiten dirigir la mirada, y además que ambos ojos se muevan coordinadamente. Hay seis músculos distintos en cada ojo, y si alguno de ellos no funciona bien se produce un trastorno llamado estrabismo (bizqueo).

El aparato lacrimal es el encargado de secretar las lágrimas, que sirven para mantener la humedad del ojo y de los párpados, y además tiene un cierto efecto desinfectante. Las lágrimas se forman en la glándula lacrimal y normalmente drenan por un conducto que las lleva hacia la nariz.

Los párpados son dos estructuras protectoras, una inferior y otra superior, que se deslizan sobre el ojo y lo cubren durante el descanso o cuando la luz es excesiva. Además, los párpados se abren y se cierran unas veinte veces cada minuto para retirar las partículas que hayan podido caer sobre la córnea y para humedecerla con el líquido lacrimal. Este proceso no significa ninguna pérdida de la visión, ya que es muy rápido. Además, los ojos son protegidos por los arcos superciliares, que son rebordes que sobresalen por encima del ojo. Están formados por el hueso frontal y sobre su piel se encuentran las cejas.

La trayectoria de la luz en el ojo

Los rayos de luz atraviesan la córnea, el humor acuoso, el cristalino y el humor vítreo, y llegan finalmente a la retina, donde forman una imagen invertida. Al pasar de un medio al otro sufren una cierta desviación, pero la más importante de ellas tiene lugar en el cristalino, la lente del ojo.

Cuando deseamos ver un objeto que se halla cerca debemos enfocararlo. Para ello el músculo ciliar del cristalino hace que varíe la curvatura de éste, con lo que se consigue que los rayos de luz se desvíen. Además, la pupila se contrae, con lo que aumenta la profundidad de campo de todo el sistema, lo mismo que sucede en las cámaras fotográficas al cerrar el diafragma.

4. LA ILUMINACIÓN

4.1 La Luz y La Superficie

Cuando la luz se encuentra con una superficie existen cuatro posibilidades las cuales son que se refleje, que se transmita en el objeto y/o se disperse o que se absorba, la reflexión es un fenómeno que se produce cuando la luz choca contra la superficie de separación de dos medios diferentes y está regida por la ley de la reflexión, que nos dice que cuando la luz llega a la superficie de separación de dos medios, una parte de esta es reflejada alejándose de la barrera y el resto penetra dentro del material, el rayo incidente y el reflejado están en lados opuestos a la normal y sobre el mismo plano que esta, y se cumple la ley de reflexión. La dirección en que sale reflejada la luz viene determinada por el tipo de superficie. Si es una superficie brillante o pulida se produce la reflexión regular en que toda la luz sale en una única dirección. Si la superficie es mate y la luz sale desperdigada en todas direcciones se llama reflexión difusa. Y, por último, está el caso intermedio, reflexión mixta, en que predomina una dirección sobre las demás. Esto se da en superficies metálicas.

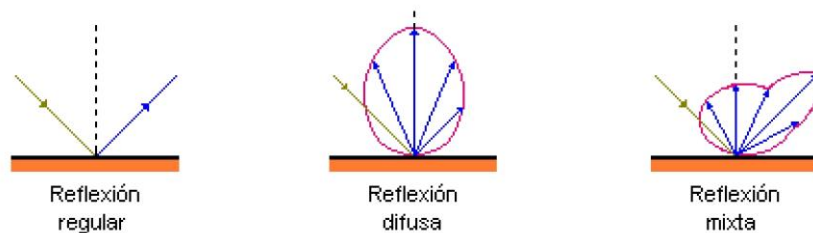


Figura 4.1 Propiedades que se presentan al chocar la luz con una superficie dependiendo de las propiedades de la superficie.

La refracción se produce cuando un rayo de luz es desviado de su trayectoria al atravesar una superficie de separación entre medios diferentes según la ley de la refracción, esta nos dice que cuando la luz atraviesa la superficie de separación

entre dos medios, sufre una desviación en su trayectoria. Este fenómeno se conoce por refracción y entonces el rayo incidente y el refractado están en el mismo plano y en lados opuestos de la normal a la superficie. Esto se debe a que la velocidad de propagación de la luz en cada uno de los medios es diferente.

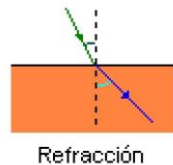


Figura 4.2 Dos medios con diferentes velocidades de propagación de la luz.

La transmisión se puede considerar una doble refracción, una primera refracción se presenta al pasar del primer medio al segundo medio siguiendo su camino y la segunda es cuando vuelve a refractarse al pasar de primer medio. Si después de este proceso el rayo de luz no es desviado de su trayectoria se dice que la transmisión es regular, se muestra generalmente en materiales vítreos, cristalinos, transparentes; pero si se difunde en todas direcciones tenemos la transmisión difusa que es lo que pasa en los materiales translúcidos. Se puede presentar una mezcla de los dos generalmente en materiales vítreos de origen orgánico.

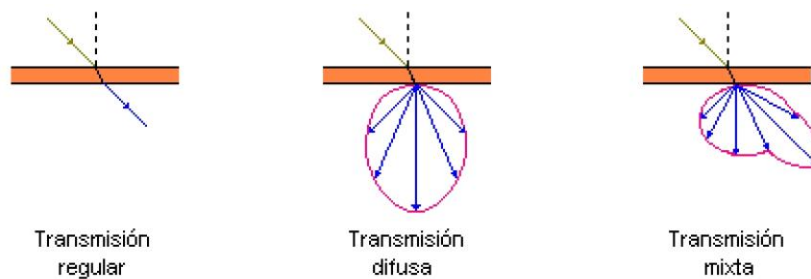


Figura 4.3 transmisión es superficies transparentes.

Los colores los podemos ver gracias a otra de las propiedades de la luz, que es la absorción, las superficies deben su color a las capacidades de poder absorber longitudes de onda del espectro electromagnético visible específicas, y el color

que percibimos de los objetos gracias a la o las longitudes de onda que no puede absorber el objeto. Para el caso de los que tienen color blanco no son capaces de absorber las longitudes de onda rebotando todas, para el caso de los colores oscuros estos absorben todas las longitudes de onda y las transforman en calor.

4.2 La Luz

La luz es la parte del espectro electromagnético que se encuentra en la región visible, algo así como el rango de 400 nm a 720 nm, la cual tiene un doble comportamiento, uno como partícula y el otro como onda esto fue postulado por el príncipe Louis de Broglie.

El ojo humano no es igualmente sensible a todos los colores. En otras palabras, iguales potencias radiantes de diferentes longitudes de onda no producen la misma brillantez. Una lámpara de luz verde de 40 W se ve más brillante que una lámpara de luz azul de 40 W. La siguiente figura muestra una gráfica que indica la respuesta del ojo a diversas longitudes de onda.

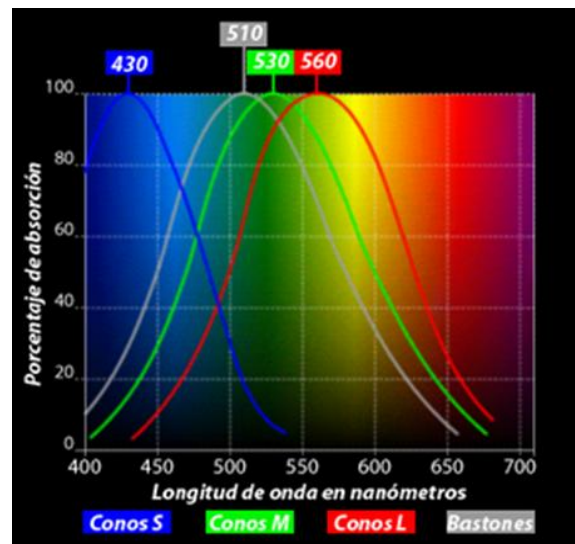
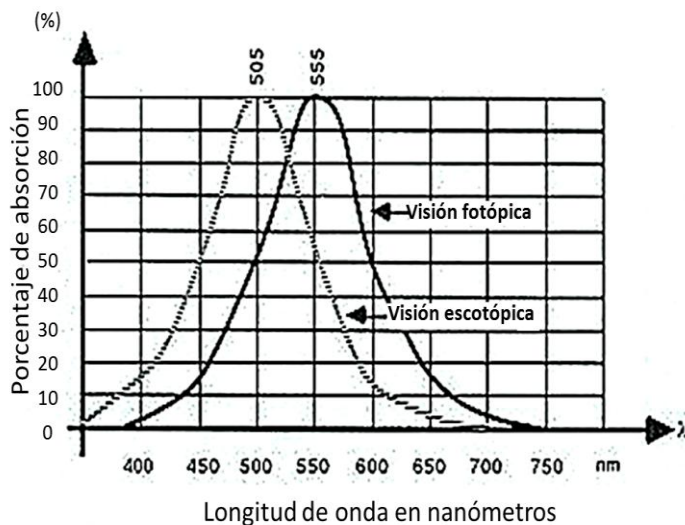


Figura 4.4 Curvas de sensibilidad del ojo humano.

La visión con poca luz se llama visión escotópica y depende de los bastones; está carece de color y da la impresión de ser monocromática, su máximo de sensibilidad se halla en la zona de los 505 a 510 nanómetros en la zona de los verdes. Los conos se dividen en conos S, conos M y conos L. Poseemos tres clases de conos llamados conos S, conos M y conos L cuyas capacidades máximas de absorción son de 430, 530 y 560 nanómetros de longitud de onda, respectivamente. Por eso se los suele llamar "azules", "verdes" y "rojos". No es que los conos se llamen así por su pigmentación, sino por el supuesto 'color de la luz' al que tienen una sensibilidad óptima. Y es mejor aclarar que a los colores que son sensibles son a los violeta, azul verdoso y amarillo verdoso. Y la determinación de los nombres conos S, cortos, conos M, medianos, y conos L, grandes, son por el tipo de longitud de onda a los que son sensibles. La existencia de tres funciones de sensibilidad espectral proporciona la base de la visión en color, ya que cada longitud de onda causará una proporción única de respuestas en los conos sensibles a longitudes cortas, medias y largas. Son los conos quienes nos proporcionan la visión fotópica, que es la visión a color.

Observe que la curva de sensibilidad tiene forma de campana centrada aproximadamente en la región media del espectro visible. Se observa que la sensibilidad decae rápidamente para longitudes de onda más largas y más cortas.

El flujo luminoso, F, es la parte de la potencia radiante total emitida por una fuente de luz que es capaz de afectar el sentido de la vista, y esta depende de la potencia requerida de la fuente emisora de luz, y su unidad de medida es el lumen.

El tamaño de las longitudes de onda se calcula con la ecuación siguiente:

$$f = \frac{1}{\lambda} = Ry \cdot z^2 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Donde f es la frecuencia, λ es la longitud de onda en el vacío de un átomo hidrogenoide, R_y es la constante de Rydberg cuyo valor es $10967758.341 \text{ m}^{-1}$, para esta fórmula, z es el número atómico del átomo hidrogenoide, n es el nivel menos energético del electrón y m es el nivel más energético del electrón.

La fórmula de Rydberg proporciona las longitudes de onda correctas para los electrones extremadamente distantes, donde la carga nuclear efectiva puede ser estimada al igual que la del hidrógeno, por eso el nombre de átomos hidrogenoides, puesto que todos sino una de las cargas nucleares han sido apantallada por otros electrones, y la base del átomo tiene una carga positiva de +1. Es decir solo tiene un electrón.

La luz viaja radialmente hacia afuera en líneas rectas desde una fuente que es pequeña en comparación con sus alrededores. Para una fuente de luz de ese tipo, el flujo luminoso incluido en un ángulo sólido, Ω , permanece igual a cualquier distancia de la fuente. Por lo tanto, con frecuencia es más útil hablar del flujo por unidad de ángulo sólido que hablar simplemente del flujo total. La cantidad física que expresa esta relación se llama intensidad luminosa. La intensidad luminosa, I , de una fuente de luz es el flujo luminoso, F , emitido por unidad de ángulo sólido Ω .

$$I = F / \Omega$$

La unidad de intensidad luminosa es el lumen por estereorradián (lm/sr), llamada candela. La candela es una de las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades, el Sistema Internacional de Unidades la define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hertz y de la cual la intensidad radiada en esa dirección es $1/683$ Watts por estereorradián.

Si la intensidad de la fuente aumenta, el flujo luminoso transmitido a cada unidad de área en la vecindad de la fuente también aumenta. La superficie aparece más brillante. Esto nos lleva entonces a analizar la iluminación de una superficie, conocida como luminancia. La luminancia, E , de una superficie, A , se define como el flujo luminoso, F , por cada unidad de área.

$$E = F/A$$

Cuando el flujo F se mide en lúmenes y el área A en metros cuadrados, la luminancia E tiene las unidades de lúmenes por metro cuadrado o lux (lx).

La ley de la iluminación nos dice que la iluminación normal a una superficie es directamente proporcional a la intensidad de la fuente luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Como lo expresa la siguiente fórmula.

$$A = I / D^2$$

Se es sabido que las formas dependiendo de su contraste con el entorno pueden perder definición o hasta llegar a aparentar que simplemente no están en dicho lugar por ello se explica el término de contraste que es la relación entre la iluminación máxima y mínima de un objeto en relación con su entorno, para el caso de la iluminación entre mayor sea el contraste entre el objeto y el entorno, el objeto será más visible. Si la cantidad de brillo o luz emitida o reflejada por el objeto es igual a la de su entorno se dice que no hay contraste. Se define también al brillo que es la cantidad de flujo luminoso que emite o refleja un cuerpo.

Uno de los principales problemas abordado por esta norma es el deslumbramiento que es la turbación de la vista por luz excesiva o repentina. Es una sensación molesta que se produce cuando la luminancia de un objeto es mucho mayor que la de su entorno. Que es lo que ocurre cuando cambiamos de iluminación de una

manera brusca. La nitidez es una cualidad que nos permite saber que tan definida se encuentra la imagen.

Existen dos formas de deslumbramiento:

- 1) El perturbador que consiste en la aparición de un velo luminoso que provoca una visión borrosa, sin nitidez y con poco contraste, que desaparece al cesar su causa.
- 2) El molesto que consiste en una sensación molesta provocada porque la luz que llega a nuestros ojos es demasiado intensa produciendo fatiga visual. Esta es la principal causa de deslumbramiento en interiores.

Pueden producirse deslumbramientos de dos maneras:

- La primera es por observación directa de las fuentes de luz.
- La segunda es por observación indirecta o reflejada de las fuentes como ocurre cuando las vemos reflejada en alguna superficie.

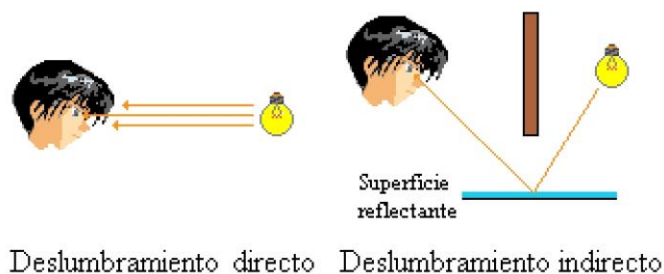


Figura 4.5. Las maneras en que se producen los deslumbramientos.

4.3 Fenómenos Físicos Involucrados en el Control Óptico de la Radiación Luminosa

La definición de luminaria aceptada internacionalmente es, dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que incluye todos los componentes necesarios para fijarlas y protegerlas y, donde correspon-

da los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación.

Para el logro de estos objetivos, una luminaria debe proveer las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente la luz en el espacio.
- Evitar toda causa de molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo.
- Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas.
- Optimizar el rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.

La reflexión de la luz, al incidir luz sobre un cuerpo ésta se refleja total o parcialmente, en forma especular o difusa, en general en forma mixta, y con una composición espectral diferente según sea la interacción de la luz con la materia y su dependencia con la longitud de onda.

La absorción y la transmisión de la luz que es cuando la radiación luminosa que incide sobre un cuerpo es absorbida total o parcialmente según las características del mismo.

La refracción es cuando los rayos de luz pasan de un medio transmisor a otros de diferente densidad óptica se modifica la velocidad de propagación y su dirección, excepto cuando la luz entra en dirección perpendicular a la superficie del nuevo medio.

El efecto estroboscópico es un efecto óptico que se produce al iluminar mediante destellos, un objeto que se mueve de forma rápida y periódica. Cuando la frecuencia de los destellos se aproxima a la frecuencia de paso del objeto ante el observador, éste lo vera moverse lentamente, hacia adelante o hacia atrás según

la frecuencia de los destellos sea. El efecto estroboscópico es un riesgo que existe en las máquinas con elementos en movimiento. Si se utilizan lámparas tubulares con reactancias convencionales, al trabajar éstas a frecuencias de 50 Hz en México y de 60 Hz en Europa, puede darse el caso de que el elemento gire a una velocidad similar. Esto va a hacer que, al ojo humano, el elemento esté parado.

5. La Perforación en una Plataforma Costa Afuera

5.1 Historia de la Iluminación en la Perforación de Pozos Costa Afuera

Se ha hecho mucho por prevenir los accidentes en la perforación costa afuera entre muchos otros ha sido la instalación de luminarias cada vez más eficientes, es decir, que cumplen con una función determinada y tienen un menor consumo de energía con una luz cada vez más blanca. Esto se debe a que los requerimientos de la industria petrolera son cada vez más extensos como la determinación de propiedades en el lugar, dar conferencias, analizar registros, y esto por citar algunas de las actividades que se realizan y en un principio no se contemplaban.

En un principio se utilizaron bombillas incandescentes con filamento de osmio, carbón, las creadas por Thomas Alba Edison, el principal problema de este tipo de bombillas fueron las primeras en comercializarse sus principales defectos eran que se evaporaban, se debilitaban, se quebraban y su alumbrado era muy deficiente, por emitir mucho calor y poca luz. Seguidas por las lámparas de filamento de tántalo y luego tungsteno este tipo de alumbrado era mejor por arrojar cada vez más luz que es necesaria para la realización de las diversas actividades en la plataforma de perforación costa afuera, he de recalcar que este tipo de luminarias dejaban mucho a desear porque aún con esta luz era difícil realizar las actividades requeridas, la luz que emiten no es la requerida porque era una luz de color amarillo cobrizo lo que dificultaba la tarea de reconocimiento de detalles, como color de los cables delgados, sumado a esto la luz tenue cansaba con facilidad la vista, limitando las actividades de perforación a ser sólo de vigilancia.

En 1913 con la introducción de gases que no reaccionaran con el filamento, de tungsteno, para evitar que se debilitara y se rompiera, tan fácil como con sus predecesores. Las obras en condiciones de oscuridad se volvieron más fáciles,

se tenía un incremento de temperatura menor y la cantidad de luz arrojada por este tipo de luminarias era mayor es decir la potencia radiante era mayor, el consumo de energía seguía siendo un gran problema, pero esto abrió un nuevo camino que permitía a la perforación de pozos continuar sus actividades hasta altas horas de la noche.

Las lámparas de descarga surgieron en tiempo junto con las lámparas incandescentes su principal ventaja era que podían aproximar su color al de la luz del día lo que causaba menos molestia a trabajador y consumían casi una tercera parte de lo que consumían las lámparas incandescentes pero carecían del color rojo, su luz no era continua, eran difíciles de instalar y su mantenimiento era casi igual de complicado. No fue hasta después de 1945 que se implementó la balastra en estas luminarias que fue posible generalizar su implementación, haciendo que el parpadeo que se presentaba fuera mucho menos pausado, el parpadeo nunca se eliminó pero se hizo menos pausado. Ahora el principal problema era el efecto estroboscópico, en cualquiera de los sistemas que componen los elementos de perforación de un pozo. Por eso no se utiliza un solo tipo de luminaria sino que se conjugan para tener una iluminación adecuada para realizar las actividades.

En estos últimos años se ha implementado una política de cuidado al medio ambiente muy fuerte, que ha obligado a utilizar menos energéticos en la obtención de hidrocarburos, PEMEX mejoro sus instalaciones no aterrizándolas recanalizando esa energía en otros lugares que se requiera y remplazando las luminarias que fueron pertinentes con focos de LED, diodos emisores de luz por sus siglas en inglés que ofrecen todas los beneficios de un alumbrado con lámparas de descarga, pero con las ventajas de una consumo más bajo de energía, una duración más prolongada y si se requiriera la capacidad de transmitir información; ha hecho muchas más implementaciones que son benéficas para la sociedad pero para fines de este documento son las más relevantes.

5.2 Plataforma de Perforación Costa Afuera

El desarrollo de perforación es el proceso de perforar cavidades en las acumulaciones conocidas de aceite para que las reservas de aceite puedan explotarse de la manera más aprovechable. Generalmente el desarrollo de perforación se hace desde una plataforma independiente. La plataforma es de un tamaño adecuado para contener todo el equipo y suministros necesarios. El desarrollo eficiente de perforación requiere que muchos pozos sean perforados desde una locación en superficie usando perforación direccional.

Esta forma de perforación ofrece la gran ventaja de tener el flujo de muchos pozos para converger en una superficie en locación para el tratamiento y almacenamiento para su embarque a la costa. Las primeras plataformas independientes permitían la perforación de 8-10 pozos; diseños actuales permiten la perforación de 32-40 pozos desde una sola plataforma.

Mientras el número de cubiertas y la ubicación del equipo sobre las cubiertas de una plataforma independiente varían de una plataforma a otra, usualmente el nivel más bajo es en el que se encuentran las unidades de cemento y la reserva de lodo de perforación. En la cubierta intermedia se aloja la energía eléctrica, el equipo de bombeo y el equipo de procesamiento primario, y la cubierta superior soporta las viviendas, la torre de perforación y las comunicaciones.

En aguas poco profundas, las plataformas de perforación normalmente son bastante pequeñas y de este modo son convertidas en plataformas protectoras de pozos cuando comienza la producción. Se construye una plataforma separada adyacente a la plataforma de protectores de pozos para el equipo de proceso o de tratamiento. El almacenamiento de petróleo es el interés principal de las operaciones costa afuera. Frecuentemente, después de que se completa toda la

perforación, la plataforma de perforación se vuelve una plataforma protectora del pozo y de almacenamiento.

En aguas con profundidades de 15 m. puede usarse una unidad de perforación móvil para perforar el pozo, y se pondrá alrededor y por encima del pozo una cubierta protectora para protegerlo de las fuerzas del medio ambiente. La cubierta protectora también sirve como un lugar para permitir la fluidez de la producción. Una vez completado el desarrollo de perforación comienza la producción del pozo. En aguas profundas, el equipo de producción y proceso se pone en la misma plataforma independiente usada para el desarrollo de la perforación.

Otro método de desarrollo de perforación usa un bote trasbordador y una plataforma de tipo trasbordador flexible. La plataforma de tipo trasbordador es suficientemente grande para soportar la grúa de perforación y su equipo de energía auxiliar. El alojamiento del equipo de perforación, el lodo de la perforación y otros suministros se localizan en un barco de suministros anclado a un lado de la plataforma. El peso total del equipo de perforación oscila entre 13.4×10^6 N a 17.8×10^6 N.

Las operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos costa afuera (offshore) son más complejas y costosas que aquellas efectuadas en tierra. Las estructuras y equipos de perforación deben soportar condiciones climáticas más severas, además estas instalaciones requieren de:

- Equipamiento de control y comunicaciones.
- Sistemas de anclaje o posicionamiento.
- Sistema de generación de energía.
- Área de almacenamiento de químicos y materiales.
- Zona de tratamiento de desechos.
- Equipo de seguridad y contra-incendio.
- Helicóptero y embarcaciones de abastecimiento

Básicamente se perforan tres tipos de pozos:

- Pozos de exploración: Son las perforaciones hechas para confirmar la existencia de hidrocarburos.
- Pozos de delineación: Definen la dimensión y características del yacimiento para luego determinar si es factible o no la inversión.
- Pozos de desarrollo: Si los datos son positivos, se empiezan a perforar los pozos de desarrollo, para explotar racionalmente el yacimiento

5.3 Tipos de Plataformas de Perforación Costa Afuera

Las plataformas en el lecho marino requieren de otra forma de mantenerlas estables por eso se clasifican dependiendo de su tipo de soporte en:

- Plataformas sumergibles.
- Plataformas autoelevables.
- Plataformas fijas.
- Plataformas semisumergibles.
- Barcos de perforación
- Plataformas tipo FPSO

Se presentan a continuación sus características de cada uno. Ver Figura 5.1.

Las plataformas sumergibles son las que descansan en el fondo del océano cuando están perforando. Los miembros de la cuadrilla llenan los compartimentos con agua, esto hace que el equipo se sumerja, y sus bases descansen en el lecho marino. Cuando el equipo está listo para moverse, se remueve el agua de los compartimentos, lo cual hace que el equipo flote. Después los botes remolcan el equipo al próximo sitio donde se va a perforar. Los constructores de equipos de

perforación diseñan los sumergibles para perforar en aguas poco profundas hasta de 50 metros.

Las plataformas autoelevables se componen básicamente de una balsa equipada con una estructura de apoyo o piernas que, accionadas de forma mecánica o hidráulica, son sumergidas hasta alcanzar el fondo del mar. En seguida, se inicia la elevación de la plataforma sobre el nivel del agua, a una altura segura y fuera de la acción de las olas. Estas plataformas son móviles, pueden ser transportadas por remolcadores o por propulsión propia. Se destinan a la perforación de pozos exploratorios en la plataforma continental, en tirantes de agua con una profundidad que varía de 5 a 130 m.

Las plataformas fijas fueron las primeras unidades utilizadas. Han sido las preferidas en los yacimientos localizados en tirantes de agua de hasta 200 m de profundidad. Generalmente las plataformas fijas se componen de estructuras modulares de acero, instaladas en el lugar de operación con pilotes hincados en el fondo marino. Las plataformas fijas son proyectadas para recibir todos los equipos de perforación, almacenaje de materiales, alojamiento del personal, así como todas las instalaciones necesarias a la producción de los pozos.

Las plataformas semisumergibles están compuestas de una estructura con una o varias cubiertas, apoyada en flotadores sumergidos. Una unidad flotante sufre movimientos debido a la acción de las olas, corrientes y vientos, lo que puede dañar los equipos que van a bajarse por el pozo. Por ello, es imprescindible que la plataforma permanezca en posición sobre la superficie del mar, dentro de un círculo con radio de tolerancia determinado por los equipos que se encuentran abajo de la superficie. Esta operación es realizada en el tirante de agua. Los tipos de sistema responsables de la posición de la unidad flotante son dos: el sistema de anclaje y el sistema de posicionamiento dinámico.

El sistema de anclaje se compone de 8 a 12 anclas y cables y/o cadenas, que actúan como resortes y producen esfuerzos capaces de restaurar la posición de la plataforma flotante cuando ésta es modificada por la acción de las olas, vientos y corrientes marinas.

En el sistema de posicionamiento dinámico no existe una conexión física de la plataforma con el lecho del mar, excepto la de los equipos de perforación. Los sensores acústicos determinan la deriva, y propulsores en el casco accionados por computadora restauran la posición de la plataforma.

Las plataformas semisumergibles pueden tener o no propulsión propia. De cualquier forma, presentan una gran movilidad y son las preferidas para la perforación de pozos exploratorios.

El barco de perforación es un buque proyectado para perforar pozos submarinos. Su torre de perforación está ubicada en el centro del barco, donde una abertura en el casco (moon pool) permite el paso de la columna de perforación (riser). El sistema de posición del buque plataforma, compuesto por sensores acústicos, propulsores y computadoras, anula los efectos del viento, oleaje y corrientes marinas que tienden a cambiar su posición.

Las plataformas FPSO, de sus siglas en inglés de Floating, Production Storage and Offloading, son buques con capacidad para procesar y almacenar petróleo así como proveer la transferencia de petróleo y/o gas natural. En la cubierta del buque se instala una planta de procesamiento para separar y tratar los fluidos producidos por los pozos. Después de separado del agua y gas, el petróleo es almacenado en los tanques del propio buque y transferido a un buque cisterna a cada cierto tiempo.

El buque cisterna es un buque petrolero que atraca en la popa de la FPSO para recibir el petróleo almacenado en los tanques y transportarlo a tierra. El gas

comprimido es enviado a tierra a través de gasoductos y/o reinyectado en el depósito. Las mayores plataformas FPSO tienen capacidad de procesar alrededor de 200 mil barriles de petróleo por día, con una producción asociada de gas de aproximadamente 2 millones de metros cúbicos diarios.

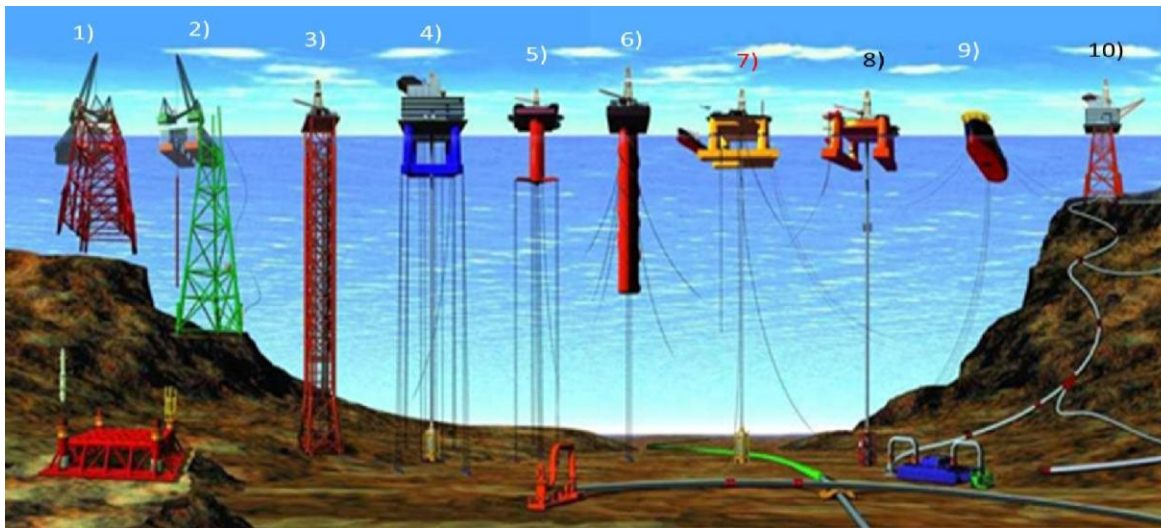


Figura 5.1. Tipos de plataformas de perforación costa fuera.

1, 2) Plataformas convencionales fijas; 3) Plataformas de torre autoelevable; 4, 5) Plataformas flotantes tensionadas; 6) Plataformas Spar; 7,8) Plataformas semi-sumergibles; 9) Plataformas en barcos perforadores; 10) Plataformas sustentadas en el zócalo y unidas a instalaciones de extracción en el fondo marino

En aguas menos profundas es ventajoso separar las funciones y tener varias plataformas separadas. A continuación se presentan varios tipos de plataformas clasificadas acorde a propósitos especiales:

- Plataformas de perforación y protección de pozos.
- Plataformas sencillas.
- Plataformas de plantilla autónomas.
- Plataformas de torre autónomas.
- Plataformas de producción.
- Plataformas habitacionales.

- Plataformas de enlace.
- Plataformas de compresión.
- Subestructura de quemador y torre de quemador.
- Plataformas auxiliares.

También se tratan pasillos y helipuertos.

5.4 Elementos de Perforación

La iluminación en una plataforma de perforación costa afuera nos es la misma. El equipo de perforación se compone de los siguientes sistemas:

- Sistema de suministro de energía.
- Sistema de izaje.
- Sistema de circulación.
- Sistema rotatorio.
- Sistema de control.
- Sistema de medidor de parámetros de perforación

Estos en conjunto ayudan no solo a soportar la perforación del pozo, también soportan el mantenimiento y reparación del mismo con el sistema de suministro de energía. Los demás si son propiamente para la perforación del pozo.

No es que en realidad cada sistema que compone los elementos de perforación requiera de un tipo o cantidad de luminarias, dependen de las tareas visuales que se asignen en cada uno de los sistemas y la adecuación que se requiera para obtener mayores beneficios de tus instalaciones, en general una iluminación en interiores requiere de 300 luxes, pero si es que necesitamos ver registros o precisar en alguna de las mediciones, esto nos requiere que sea una labor de mayor precisión, y necesitamos 2 000 luxes par el reconocimiento de detalles, esto

se especifica en la Tabla del Capítulo 6. Por este motivo sólo se especifica en algunos lugares donde las funciones son muy limitadas y se hacen conjeturas, en otros se puede administrar de otra manera el espacio y los requerimientos mínimos de iluminación cambian, por esta razón no se sugiere algún tipo de iluminación.

5.4.1 Sistema de Suministro de Energía

La planta motriz es el corazón del equipo de perforación. La energía producida por esta planta se utiliza para el funcionamiento de los cinco sistemas restantes y la plataforma en general. Además de proporcionar energía a sistemas complementarios como: bombas de agua, alumbrado, desarenadores, operación de preventores, etc.

Los equipos de perforación tienen altos requerimientos de energía, la cual es transmitida a algunas partes del equipo como: el malacate, las bombas, el sistema de rotación y algunos sistemas auxiliares. El sistema de potencia en un equipo de perforación generalmente consiste de una fuente primaria de potencia (generador) y de algún medio para transmitir dicha potencia hasta el equipo que la utilizará. En la actualidad las fuentes primarias de potencia son motores diesel, en general.

5.4.2 Sistema de Izaje

El objetivo de este sistema es aportar los medios para levantar y bajar la sarta de perforación, la tubería de revestimiento y otros equipos subsuperficiales, para realizar conexiones y viajes. Este sistema suministra un medio por el cual se da movimiento vertical a la tubería que está dentro del pozo; esto es, bajar y sacar la sarta de perforación y la tubería de revestimiento.

Los principales componentes de este sistema son, ver Figura 5.2:

- El mástil y la subestructura. El primero es una estructura de acero con capacidad para soportar todas las cargas verticales, cargas excedentes y el empuje por la acción del viento. La longitud de estos varía de 24 a 57 m y soportan cargas estáticas de 125 a 1,500 tons. La subestructura se construye de acero estructural y las cargas que debe soportar son superiores a las que soporta el mástil, ya que además de soportar al mástil con su carga, soporta al malacate, a la mesa rotaria, el piso de trabajo y debe tener una altura suficiente para permitir la instalación del conjunto de preventores y la línea de flote.
- El malacate. Es el elemento que utiliza la energía del sistema de potencia para aplicarle una fuerza al cable de perforación. Está provisto de un sistema de frenos para controlar las altas cargas y un sistema de enfriamiento para disipar el calor generado por la fricción en las balatas. El tambor del malacate tiene un ranurado para acomodar el cable de perforación.
- La corona y la polea viajera o sistema de poleas. El sistema de poleas es el que une mediante el cable de perforación al malacate con la tubería de perforación o revestimiento y proporciona un medio mecánico para bajar o levantar dichas tuberías. El sistema de poleas se compone de: la corona y la polea viajera. La corona es una serie de poleas fijas colocadas en la parte superior del mástil. La polea viajera, como su nombre lo indica, es de libre movilidad. También se le conoce como block y gancho.
- El cable de perforación. El cable de perforación une al malacate con el ancla del cable y está guarnido a través de la corona y la polea viajera con objeto de darle movimientos verticales a esta
- Equipo auxiliar, este se incluye porque se describe un procedimiento generalizado para lo cual cada una tiene diferentes consideraciones porque cada plataforma es diferente.

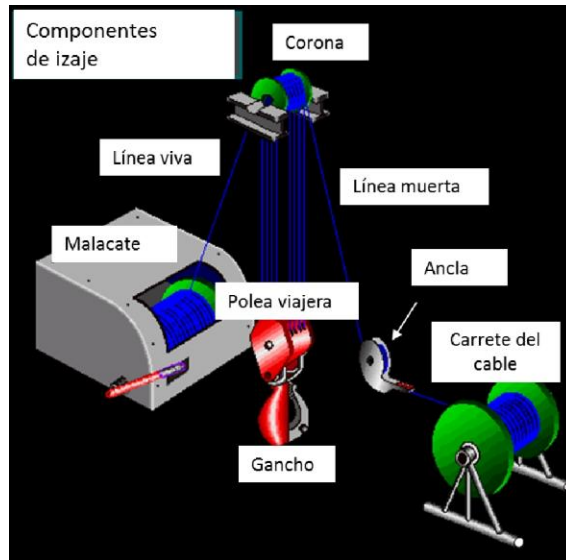


Figura 5.2. Componentes del sistema de Izaje

5.4.3 Sistema de Circulación

La función principal del sistema de circulación, es la de extraer los recortes de roca del pozo durante el proceso de perforación.

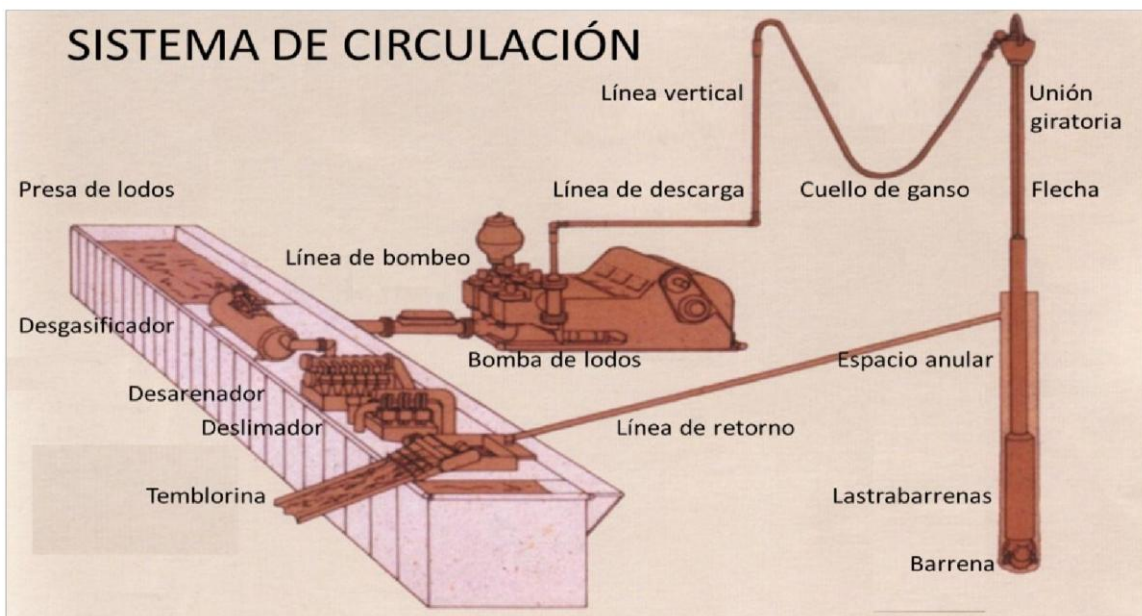


Figura 5.3. Componentes del sistema de circulación.

El equipo superficial está compuesto por, ver Figura 5.3:

- Las bombas. El componente más importante en el sistema de circulación es la bomba de lodos y la potencia hidráulica suministrada por ésta, ya que de esto dependerá el gasto y la presión requerida para una buena limpieza del pozo.
- Las presas de lodo. Son recipientes metálicos utilizados para el almacenamiento y tratamiento del lodo de perforación. Generalmente se utilizan tres presas conectadas entre sí, con la capacidad suficiente para almacenar cuando menos 1.5 veces el volumen total del pozo. Estas tres presas se describen a continuación, ver Figura 5.4:

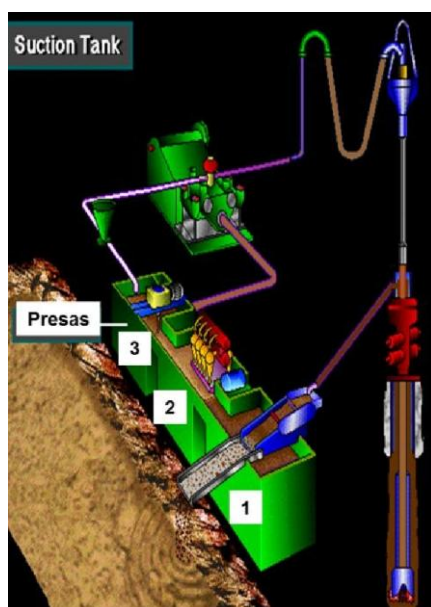


Figura 5.4. Componente de las presas de lodos.

- Presa 1. Es conocida como presa de descarga ya que en ella es donde descarga el pozo, es aquí donde se instala la temblorina para eliminar los recortes de mayor tamaño a 40 micras.
- Presa 2. Es conocida como presa de asentamiento, es aquí donde se le da tratamiento al lodo y se instala el equipo de control de sólidos para eliminar los sólidos de menor tamaño.

Presa 3. Es conocida como presa de succión porque de aquí la bomba de lodos succiona el lodo para enviarlo al pozo.

- La línea vertical, swivel y flecha. Es una pieza tubular fijada a una pierna del mástil, en el extremo inferior se conecta con la descarga de la bomba y en el extremo superior se conecta a una manguera flexible de alta presión. El cuello de ganso es una pieza tubular que une a la manguera flexible con el swivel. El swivel se conecta en su parte inferior con la flecha o kelly y nos permite girar la sarta de perforación mientras se circula.
- El desgasificador. Es de suma importancia, ya que a menudo se perforan formaciones con algún contenido de gas, el cual al ser incorporado al lodo disminuye la densidad del mismo ocasionando inestabilidad y reventones en el pozo.
- La temblorina. Es el primer equipo utilizado para el control de los sólidos producto de la perforación, se instala sobre la presa de descarga, consta de una malla que es vibrada mediante un motor. El tamaño de las partículas retenidas depende del tamaño de la malla utilizada, generalmente retiene partículas mayores de 40 micras. Para la eliminación de partículas más pequeñas se utilizan los hidrociclones y centrifugadoras.
- Los preventores. Son mecanismos de seguridad que se colocan en la tubería de revestimiento los cuales impiden el flujo de fluidos del yacimiento a la superficie.

El equipo subsuperficial está compuesto por:

- Tubería de perforación. Es la tubería que se instala inmediatamente arriba de los lastra barrenas o tubería pesada. Sus características son: diámetro, peso, grado, resistencia y longitud.
- Lastrabarrenas. Son tubos de acero pesados y rígidos, que se utilizan en el Ensamble de Fondo para suministrar rigidez y peso sobre la barrena.
- La barrena. Es la encargada de la perforación del pozo mismo.

- El pozo mismo. Es el agujero mismo que se hace desde la superficie hasta el yacimiento.

5.4.4 Sistema de Rotación

El objetivo del sistema rotatorio es proporcionar la acción de rotación a la barrena para que realice la acción de perforar. En la actualidad existen tres formas de aplicar rotación a la barrena y son:

1. Sistema rotatorio convencional
2. Top drive
3. Motor de fondo

El sistema rotatorio convencional es superficial y transmite la rotación a la tubería de perforación a través de sus componentes que son los siguientes, se esquematizan en la Figura 5.5:

- La mesa rotaria.
- El buje maestro. Este se instala en la mesa rotaria y es el elemento que junto con la cuñas fijan la sarta de perforación a la rotaria para transmitirle el movimiento.
- El Bushing Kelly. Este se instala en el extremo inferior de la flecha y se une al buje maestro mediante unos pines para transmitir el movimiento a la flecha.
- La flecha o Kelly. Es un elemento de acero de forma cuadrada y hexagonal que se instala en la parte superior de la tubería de perforación, en ella se instalan válvulas de seguridad en ambos extremos para el control de flujos del pozo.
- Unión giratoria. Este elemento esta sostenido por la polea viajera y se instala en la parte superior de la flecha. Tiene cuatro funciones básicas las cuales son soportar el peso de la sarta de perforación y sus accesorios, permitir que la flecha gire sin enredar el cable, conecta el sistema de circulación con el

sistema de rotación y proveer un sello hermético permitiendo el bombeo del lodo a alta presión.

- Sarta de perforación. Es la encargada de transmisión la rotación desde la superficie hasta la barrena.

La mesa rotaria tiene como objetivo proporcionar el movimiento giratorio, que en conjunto con los bujes es transmitido a la flecha, al swivel y a la sarta de perforación. El movimiento de rotación en la rotaria se realiza mediante flechas y engranes.

El Top Drive es un equipo superficial utilizado para imprimir rotación a la sarta de perforación sin la utilización de la mesa rotaria ni la flecha (kelly). Sus principales componentes son:

- La unión giratoria integrada.
- La manguera flexible.
- El motor eléctrico.
- El árbol de transmisión.
- La caja de transmisión.
- Los preventores tipo BOP.
- La llave de apriete.
- El control remoto para el gancho.

El motor de fondo es una herramienta subsuperficial, ya que se instala inmediatamente arriba de la barrena y la acción de rotar es generada por el fluido de perforación. Al circular el lodo de perforación presurizado a través del estator y el rotor da lugar a la rotación que es transmitida directamente a la barrena.

Esta herramienta es muy utilizada en pozos desviados, horizontales y multilaterales en combinación con el sistema convencional mesa rotaria.

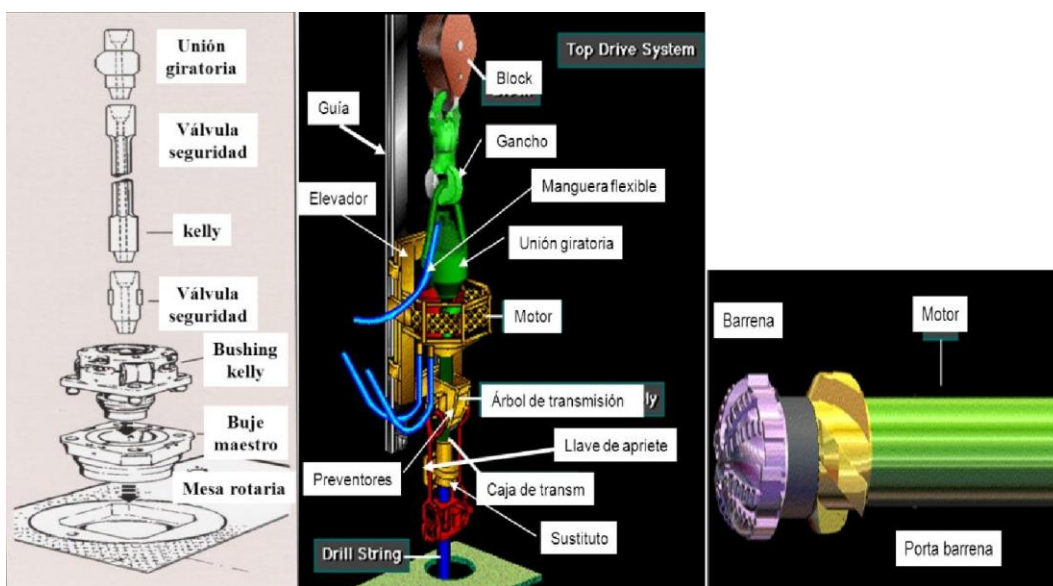


Figura 5.5. Los sistemas de rotación convencional, top drive y motor de fondo, respectivamente.

5.4.5 Sistema de Control

El sistema de control es el que proporciona la seguridad del pozo en situaciones de aportación imprevista de fluidos de la formación perforada. También conocido como “conexiones superficiales de control” difiere si es terrestre o marino. Se compone de los siguientes elementos para los pozos costa afuera:

- Los preventores.
- Los acumuladores.
- Los árboles de válvulas.
- El raiser.
- El cabezal.
- Las mangeras.
- Las juntas telescopiadas tensores.
- Los conectores.
- Las líneas guía.
- Los paneles de control.

1. La línea de matar.
2. La junta flexible.

5.4.6 Sistema de Mediciones de Control

La función principal de este sistema es la de monitorear en forma continua los parámetros más importantes durante la perforación, para evitar desviaciones en los programas operativos y anomalías que pudieran ocasionar accidentes durante la operación. Sus componentes varían de una manera muy drástica por ello no se cita de una forma general.

5.5 Áreas de Trabajo con Riesgo Visual en una Plataforma de Perforación Costa Afuera

Una plataforma de perforación se diseña comúnmente con la estructura y la subestructura. Generalmente, la subestructura protege el pozo de las colisiones de los barcos y las fuerzas del medio ambiente y sirven de apoyo para ayudar a los dispositivos de navegación, equipos de medición para la calibración de metros como nivel base o nivel de referencia, unidades de líneas de cable, pista para helicópteros, líneas de flujo ascendente y tubos conductores. Contiene al árbol de válvulas en los pozos, un tubo colector de gases para recolectar la producción del pozo y que éste pueda ir a una plataforma de procesamiento o tratamiento en una tubería equipo de seguridad contra incendios, señales luminosas de navegación y sistema de destrucción de pozo conocido como matar al pozo.

La estructura usualmente contiene en el:

- + Nivel más bajo
- Unidades de cemento.
- Reserva de lodos de perforación.
- + Cubierta intermedia

- Energía eléctrica.
- Equipo de bombeo.
- Equipo de procesamiento primario.
 - + Cubierta superior
- Habitaciones
- Torre de perforación.
- Torre de perforación.
- Grúas.
- Diversos módulos, oficinas, por ejemplo la de comunicaciones o del capataz.

Las áreas de interés para los cuales es importante el análisis de las condiciones de iluminación son: las habitaciones, pasillos, helipuerto, embarcadero y torre de perforación, la cual por razones técnicas y de seguridad contendrán el laboratorio o zona de análisis de fluidos de perforación. Por ser áreas en las cuales los trabajadores laboran de manera continua, para las demás áreas se llegar a contemplar una iluminación complementaria dependiendo de la actividad que se realice, por ejemplo, la revisión de las unidades de almacenamiento a las cuales no requieren de un mantenimiento o vigilancia constantes o prioritarios.

5.5.1 Las Habitaciones

Las habitaciones o área de vivienda que son para el alojamiento de los trabajadores costa afuera para las plataformas autónomas, en esta área existen 4 salones de uso común y de gran extensión que son la estancia, el comedor, la cocina y un área de cambio, cada uno tiene un área cercana a los 65.1 m² excepto la cocina, la cual es de casi 2 o 3 veces el tamaño del comedor. Regaderas, sanitarios y armarios están disponibles para la ropa de los trabajadores en el cuarto de cambio; algunas veces también lavadoras y secadoras. En la cocina hay

por lo menos 2 refrigeradores grandes, una gran estufa con horno, cafeteras, una parrilla, una batidora industrial, lavavajillas, basurero y fregaderos.

Las habitaciones son una parte integral de la plataforma por razones económicas. Estas pueden estar acomodadas de muchas formas, generalmente se componen de 3 pisos, estructurados de la siguiente manera; las recámaras para 4 personas, cuartos de baño y almacén de blancos en el piso inferior; cocina, galera, sala de televisión y cuarto de cambio en el nivel medio; oficinas del supervisor, cuarto de radio y recámaras para la gente de supervisión en el piso superior. El helipuerto se instala sobre el último nivel de las habitaciones.

La estructura propia de las recamaras es de 4 camas individuales organizadas como literas, algunas veces todas en una pared y otras cada par en paredes opuestas. Cada habitación tiene 4 armarios para ropa y un espejo. Cada litera tiene luz de 300 luxes, direccional, blanca y le LED por las políticas ambientales y para lectura luz en el techo, que es de 150 luxes, omnidireccional, blanca de igual manera de LEDs, de acuerdo a la tarea visual que se quiere realizar que en la habitación es dormir, por eso una luz tan tenue, y en la cama si se quiere leer se requiere de la iluminación mínima de 300 luxes, pero dependiendo de las demás actividades se deberá modificar la iluminación como se indica en la tabla del Capítulo 6. El área de la recámara es de aproximadamente 11.2 m^2 , las recámaras están agrupadas cerca de un cuarto de baño comunitario.

El número y tipo de personas necesarias para operar una plataforma de perforación es diferente para cada plataforma, aun así, el total de personas requeridas para habitarlas está en el rango de 50-75. Hay un cuarto de hospital, que normalmente es una habitación aislada equipada sólo para simple medicación con 2 o 4 camas y baño privado. Cuando alguien empieza a sentirse seriamente enfermo o tiene un accidente, un helicóptero viene de tierra y el individuo es llevado a un hospital regular. Hay un cuarto de radio y comunicaciones, incluyendo

microondas, teléfono y radar a los barcos y a tierra. Debe haber un sistema de aguas residuales y un tanque séptico. Debe tener tanques de almacenamiento para agua potable y agua de servicio, el agua es traída de tierra en barcos abastecedores y bombeadores a los tanques almacenadores. El agua contra incendios se bombea del mar.

5.5.2 Los Pasillos

Estos son importantes porque es en ellos donde se encuentra el principal cambio brusco de iluminación se requiere de una iluminación complementaria que en suma de 300 luxes y debe soportar la intemperie, de acuerdo a la tabla del Capítulo 6. Un pasillo es un puente de 30.4 a 48.7 m que puede servir para soportar estructuras para oleoductos, movimiento peatonal, o un puente para manejo de materiales. Normalmente, sirve para una combinación de esas funciones. Los pasillos son puentes de acero tubular apuntalados, rectos, y de un solo tramo. La longitud, ancho, elevación, y tipo de apuntalamiento varía con cada pasillo.

Para este caso podría soportar tuberías para agua potable, agua semipurificada para procesos de limpieza, conductos eléctricos y líneas de comunicación. El pasillo entre el área de perforación y el área tratamiento puede soportar tuberías para petróleo crudo, agua utilitaria, agua contra incendios, agua potable, un desvío a la tubería del quemador, conductos eléctricos y líneas de comunicaciones.

5.5.3 El Helipuerto

Cuando la distancia a un lugar costa afuera es de aproximadamente 80 km o menos, los trabajadores se transportan en barco. Cuando la distancia es mayor a 80 km se utilizan helicópteros.

Hay varias ventajas en el uso de helicópteros en la transportación. Éstas incluyen:

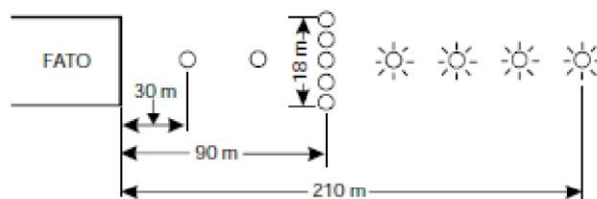
1. Considerable ahorro de tiempo y, por tanto, reducción de costos. Un helicóptero puede acortar el viaje a cerca de un sexto del tiempo que hace un barco.
2. Algunas veces las transferencias entre barcos y en plataformas costa afuera son imposibles en alta mar. La confiabilidad y capacidad de un helicóptero en mal clima es mucho mejor.
3. El reparto de la tripulación en barco algunas veces produce mareos e indisposición para trabajar, no así cuando son transportados en helicóptero.
4. Supervisores y especialistas pueden hacer viajes rápidamente de la costa a la plataforma y de regreso, realizando su trabajo más eficientemente.
5. Se puede obtener la reparación de emergencia más rápidamente; los especímenes geológicos se pueden llevar enseguida a tierra para su análisis.
6. Los heridos se pueden transportar a hospitales en tierra.
7. Es posible una rápida evacuación de la plataforma en una emergencia o una tormenta severa.

El helicóptero debe ajustarse a las necesidades del operador petrolero costa afuera, conforme a sus requerimientos. Actualmente, los grandes helicópteros para trabajar costa afuera son máquinas dobles o multimotor capaces de transportar 20 o más pasajeros en cualquier tipo de clima, con la formalidad de una línea aérea. En la mayoría de los casos esos helicópteros son fácilmente convertidos en transporte de carga, plegando o removiendo asientos. En general, la capacidad de carga de un helicóptero grande es del orden de 22 300 N llevada ya sea internamente o como carga colgada debajo de la nave. El área de la plataforma del helipuerto debe ser suficientemente grande para trabajar con carga y operaciones sin carga. La superficie debe estar limpia, ser antiderrapante, bien drenada y bastante fuerte como para soportar el impacto de la carga. Aunque es posible que los helicópteros aterricen y despeguen verticalmente, por economía de la operación lo hacen en la dirección del viento.

Las dimensiones básicas del helipuerto se determinaban para todas las dimensiones de ese helicóptero. Normalmente, la dimensión mínima, es decir, la longitud de un lado de un helipuerto cuadrado, varía de 1.5 a 2 veces la longitud más larga del helicóptero más grande que se espera que use esa instalación costa afuera. Un helipuerto circular tenía un diámetro igual a la longitud de un lado de uno cuadrado. Por ejemplo, las dimensiones de un helipuerto costa afuera varían de 24 x 24 m a 49 x 49 m.

Se pinta un gran triángulo equilátero de aproximadamente 9.2 m por lado, abarcando el centro de la superficie de la plataforma. Una esquina de éste indica el norte magnético; las otras dos esquinas no se dibujan. Dentro del triángulo se pinta una gran H, aproximadamente de 3 m de alto por 1.5 m de ancho. Las líneas del triángulo deben ser de 0.6 m de ancho; en tanto que las de la H serán de 0.45 m. Debe haber un indicador de viento adyacente al helipuerto para proporcionar la exacta dirección del viento.

Un sistema de luces de aproximación que consiste en una fila de tres luces espaciadas uniformemente a intervalos de 30 m y de una barra transversal de 18 m. de longitud a una distancia de 90 m. del perímetro del área de aproximación final y de despegue tal como se indica en la figura siguiente.



5.6 Sistema de luces de aproximación.

Las luces que formen las barras transversales se colocan en la medida de lo posible perpendiculares a la línea de luces del eje que, a su vez, se bisecan, y están espaciadas a intervalos de 4,5 m. Cuando sea necesario hacer más visible el rumbo para la aproximación final, se deberían agregar, colocándolas antes de dicha barra transversal, otras luces espaciadas uniformemente a intervalos de 30 m. Las luces que estén más allá de la barra transversal podrán ser fijas o de destellos consecutivos, dependiendo del medio ambiente. Las luces de destellos consecutivos pueden ser útiles cuando la identificación del sistema de luces de aproximación sea difícil debido a las luces circundantes. Con un indicador de viento de diámetro de 0.15 a 0.30 m. y longitud de 1.2 m. de color anaranjado o anaranjado con blanco, rojo con blanco o negro con blanco con máximo cinco franjas de cada color, esto para que se pueda ver desde 200 m.

5.5.4 El Embarcadero o Zona de Amarre

Es un tendido de pasillos protegidos por barandales tubulares a una altura de 3.7 m. del nivel del mar, que comunica a los muelles ubicados en los lados este y oeste de la plataforma a una altura de 1.98 m. del nivel del mar.

En el área de muelles, se encuentran instaladas las conexiones para el agua y el combustible. Éstos se suministran a través de barcos abastecedores con mangueras flexibles. Para todos los pozos se tiene un control del sistema de cierre de emergencia general. También se encuentran instaladas dos líneas hidráulicas de alta presión, interconectadas al sistema que opera el preventor de arietes ciegos de corte y una línea para inyección de fluidos al espacio anular del pozo que se intervenga. La cantidad de luz requerida es de 300 luxes para realizar cualquier actividad generales y dependiendo de la tarea visual que se deba realizar en el muelles se adaptara una iluminación complementaria.

5.5.5 El Equipo de Perforación

En general la iluminación para estas zonas tiene un requerimiento visual simple, ya que solo incluye dentro de sus funciones una inspección visual o trabajo con maquinaria de alta potencia como se indica anteriormente.

En el sistema de suministro de energía requiere de iluminación en la zona de la planta motriz del tipo complementaria y localizada para trabajos especiales de mantenimiento y de ser el caso de reparación de la misma, se contempla que se tiene una planta auxiliar.

Para el sistema de izaje se requiere que se ilumine el malacate, la corona y el sistema de poleas de la misma manera que el suministro de energía, por su función de retransmitir energía al cable de perforación.

En el caso del sistema de circulación lo pertinente es vigilar la bomba, que requiere de una iluminación complementaria y localizada como la de la planta motriz. Sin descuidar la zona asignada para laboratorios, la cual requerirá de una especial atención, esta requiere en esa zona una distinción clara de detalles para evitar problemas en la perforación, determinar el tipo de fluidos del yacimiento, etcétera.

En general se debe prestar un especial atención a el sistema de rotación por ser equipos de alta potencia los cuales tienen movimiento constante y giratorio sumando el hecho de que se trabaja cerca de ellos, se recomienda tenga una iluminación de 300 luxes, porque es lo requerido para equipos de alta potencia.

Las partes de mayor riesgo en los sistemas que componen los elementos de la perforación costa afuera son los que tienen movimiento y requieran en un momento dado un mantenimiento preventivo o correctivo por su desgaste. Para lo cual tiene un requerimiento visual simple.

De la última área donde tenemos control de las actividades que pueden causar daños a la vista, es la del sistema de mediciones de control que más adelante remitiéndonos a la tabla del Capítulo 6 se tiene que la iluminación necesaria en esta locación es de 500 luxes, es una tarea del perforador y requiere de precisión.

6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias Requeridas en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.

Cargo	Tarea Visual	Requerimiento Mínimo (luxes)	Tipo de iluminación
Supervisor	Dar conferencias, esta actividad requiere de mucho contraste del fondo respecto al texto o figuras que se presentan.	150	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Dar exposiciones de proyectos, esta actividad requiere de mucho contraste del fondo respecto al texto o figuras que se presentan.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Lectura de textos con mucho contraste.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Trascripción de manuscritos a tinta para presentar un reporte rápido.	700	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Lectura de informes de avances y problemas.	1 000	Luz blanca complementaria direccional, con lámparas fluorescentes.
	Revisión de los registros, es un trabajo de detalle.	1 500	Luz blanca complementaria

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			direccional, con lámparas fluorescentes.
	Lectura de textos en papel de copia de buena calidad.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Lectura de textos en papel de copia de mala calidad.	1 000	Luz blanca complementaria direccional, con lámparas fluorescentes.
	Almacenaje de equipo de oficina.	700	Luz omnidireccional, con lámparas incandescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
Perforador	Operar malacate, bombas de lodos, llaves de apriete y desenrosque.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Meter y sacar tubería.	300	Luz complementaria direccional, con

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			lámparas incandescentes.
	Pesca de herramienta.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Registro de avances en la perforación.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Montaje e inspección de la tubería.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Monitoreo de los sistemas de medición y control.	500	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Revisión de los registros.	1 500	Luz blanca complementaria direccional, con

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			lámparas fluorescentes.
	Lectura de textos a lápiz escuela.	700	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
Auxiliar del perforador	Operar malacate, bombas de lodos, llaves de apriete y desenrosque.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Meter y sacar tubería.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Pesca de herramienta.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Monitoreo de los sistemas de medición y control.	500	Luz blanca direccional, con

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			lámparas fluorescentes.
Enganchador	Meter y sacar tubería.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Montaje e inspección de la tubería.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Revisión de la maquinaria de alta potencia.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Ajuste del bastidor.	500	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
Obrero de piso	Meter y sacar tubería.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Montaje e inspección de la tubería.	300	Luz complementaria

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			direccional, con lámparas incandescentes.
	Operar llaves de apriete y desenrosque.	300	Luz complementaria omnidireccional, con lámparas incandescentes.
Mecánico	Dar mantenimiento al malacate, bombas de lodos y otros componentes mecánicos.	300	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Reparación del motor de combustión interna del generador.	1 000	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Realizar actividades dentro del embarcadero.	50	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Mantenimiento del helicóptero.	1 000	Luz complementaria

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			direccional, con lámparas incandescentes.
	Revisión de equipo de alta potencia.	300	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Electricista	Realizar actividades dentro del embarcadero.	50	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Entrar al embarcadero.	100	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Mantenimiento del helicóptero.	1 000	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Revisión del equipo eléctrico, cableado y generador de energía eléctrica.	100	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz blanca complementaria

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Químico	Inspección del color y consistencia del fluido de perforación.	2 000	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
	Realizar pruebas químicas para determinar las propiedades del fluido de perforación.	500	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Geólogo	Inspección del color, tamaño y forma de los recortes de la perforación.	2 000	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
	Uso de cribas para determinar propiedades de las rocas perforadas.	300	Luz blanca complementaria direccional, con lámparas fluorescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Soldador	Trabajo de soldadura rustica.	500	Luz blanca complementaria direccional, con lámparas fluorescentes.

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

	Trabajos de soldadura precisa en equipos de medición.	10 000	Luz complementaria direccional, con lámparas incandescentes.
	Transitar por corredores y escaleras.	200	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Ayudantes en general	Realizar actividades dentro del embarcadero.	50	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Almacenaje general.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Almacenaje de equipo de oficina.	700	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Lavar ropa general.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Planchar ropa en general.	500	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

			fluorescentes.
	Labores de limpieza de habitaciones de uso común.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Capitán del barco	Realizar actividades dentro del embarcadero.	50	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Entrar al embarcadero.	100	Luz blanca complementaria omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Cocinero	Lavar los utensilios de cocina.	700	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Preparación de los alimentos.	500	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
Medico	Buscar en un depósito de medicinas.	300	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Canalizar una urgencia, y dar atención temprana al paciente.	1 000	Luz direccional, con lámparas incandescentes.

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

	Dar revisión a pacientes en la sala de recuperación.	50	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Dar revisión y diagnóstico a los pacientes.	500	Luz blanca omnidireccional, con lámparas fluorescentes.
	Dar atención médica en una camilla.	1 000	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
	Atención inmediata de fracturas.	500	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
	Revisión de ojos, oídos, nariz y garganta.	500	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
	Revisión de los expedientes médicos.	1 000	Luz direccional, con lámparas incandescentes.
Piloto del helicóptero	Identificación del cono de viento.	2500	Luz blanca Con dirección Al cono Y empotrada en el piso Del helipuerto.
	Reconocimiento de señales de peso máximo, longitud máxima, señalamiento de	350	Luz Direccional blanca. Con reflectores.

Condiciones de Iluminación en una Plataforma de Perforación Costa Afuera.
 6. Las Tareas Visuales, Los Niveles de Iluminación Necesarios y Los Tipos de Luminarias
 Requeridas en una Plataforma Costa Afuera.

	helipuerto.		
	Ubicación del faro del helipuerto.	2500	Luz direccional blanca. Con reflectores.
	Aproximación al helipuerto.	3500	Luz direccionales blanca de destellos. Con reflectores.
	Determinación de su ángulo de elevación.	30	Luces verdes por encima de la pendiente de aproximación y rojas por debajo de la pendiente de aproximación con repeticiones cada medio segundo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término de este trabajo se manifiestan las razones por las que es importante tener una correcta iluminación en una plataforma de perforación costa afuera, los accidentes ocasionados por una iluminación deficiente son de diferente índole y magnitud, según varía la tarea visual y el puesto de trabajo. Por estos motivos es importante recalcar los siguientes puntos:

- 1) La necesidad de ver es vital para el desarrollo de cualquier tarea visual, por ello se le considera la razón más importante para tener una correcta iluminación en una plataforma de perforación costa afuera.
- 2) Lo más importante al momento de realizar una buena iluminación es determinar las tareas visuales ya que de ellas dependerá la cantidad de luz y las demás especificaciones técnicas necesarias para realizar la labor asignada.
- 3) Se muestran anteriormente las condiciones mínimas de iluminación para cada tarea visual de cada uno de los puestos de trabajo en una plataforma de perforación. Pero no hay que olvidar que una iluminación excesiva obstruye o dificulta la tarea visual ocasionando deslumbramientos. Sería conveniente establecer estos valores no como los mínimos sino como los óptimos.
- 4) El número y la distribución de las luminarias se maneja de manera muy particular y para el cálculo óptimo de luminarias por zona, se recomienda en la Norma Oficial Mexicana de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social 025 modificada en el 2008 es el utilizado en el manual de iluminación de Westinghouse, que es el método punto a punto o por el método de luxes.

- 5) El color de las luminarias debe ser acorde a la tarea visual que se desea realizar, ya que el color necesitará de correcciones en caso de usar un tipo de luminaria con predominancia de rojo o azul, como por ejemplo para una tarea de reconocimiento de detalles. Y para tareas de percepción de la distancia se requiere que el color de cada una de las luminarias se pueda reconocer perfectamente. Ya que para poder aterrizar el helicóptero se requiere que se encuentre dentro del ángulo de elevación.
- 6) El parpadeo o constancia del flujo luminoso también depende de la tarea visual que se desee realizar, y se recomienda que si la tarea visual es de posición se use una luz parpadeante y para las demás actividades es conveniente el uso de luces constantes.
- 7) En las áreas donde es posible colocar luminarias fluorescentes, lo recomendable es colocar en las paredes, pisos y superficies de trabajo colores contrastantes como los son los colores oscuros para evitar la fatiga visual y el deslumbramiento molesto.
- 8) Evitar que el trabajador se mueva de su puesto de trabajo lo más que se pueda, ya que las condiciones poco favorables al laborar costa afuera impiden una iluminación uniforme y constante en el transcurso del tiempo, y de los únicos que se puede tener un control son las de interiores.
- 9) Es importante el tipo de luminarias porque en PEMEX se tiene una estricta política de ahorro de energía en todos los aspectos, desde el uso de LEDs en su iluminación hasta la reducción en la quema de hidrocarburo, lo que nos beneficia a todos ya que se tiene una energía más amigable con el medio ambiente. Y esto también tiene que contemplar el costo mínimo para aumentar la rentabilidad del proyecto.

El seguimiento de los puntos anteriormente tratados, nos conducirá a un trabajo digno y más seguro en materia de iluminación, esto será de más provecho para la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- México, “Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”, 5 de febrero de 1917, última reforma 9 de febrero de 2012, págs. 184
- México, “Ley Federal del Trabajo”, 1 de abril de 1970, págs. 227
- México, “Ley Federal sobre Metrología y Normalización”, 1 de julio de 1992, págs. 48
- México, “Reglamento Interior de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social”, 14 de noviembre de 2008, págs. 32
- México, “Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo”, 21 de enero de 1997, págs. 27
- Secretaria del Trabajo y Previsión Social, “Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo”, NOM 025 STPS 2008, México, 2008.
- Organización de Aviación Civil Internacional, “Anexo 14 Aeródromos - Volumen II Helipuertos”, Organización de Aviación Civil Internacional, tercera edición, 2009, págs. 100
- American Petroleum Institute, “Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Heliports for Fixed Offshore Platforms”, API Recommended Practice 2L, cuarta edición, 1996, págs. 13
- Westinghouse Electric, “Manual de Iluminación”, Mediciencia Editora Mexicana, México, D.F., 1996, págs. 254
- M. Valdés Victor, “Conceptos Básicos de Ingeniería Civil Costa Afuera Tomo I”, México, SEP-INDAUTOR, segunda edición, 2005, págs. 713
- Howard Hughes Medical Institute, “Los conos rojos, verdes y azules”, [27/11/2011, 17:50 hr.] </http://www.hhmi.org/senses-esp/b120.html/>
- Portal Planeta Sedna, “Los Sentidos: Vista”, [16/12/2011, 18:12 hr.] </http://www.portalplanetasedna.com.ar/sentido1.htm />

- Javier García Fernández, “La Luz”, [14/01/2012, 18:16 hr.],
</ http://edison.upc.es/curs/llum/luz_vision/luz.html />
- Javier García Fernández, “Cálculo de instalaciones de alumbrado de interiores” , [14/01/2012, 18:16 hr.],
</http://edison.upc.edu/curs/llum/iluminacion-interiores/calculo-alumbrado-interior.html/>

GLOSARIO

Barril: Es una unidad de volumen ocupada en la industria petrolera y equivale a 0.159 metros cúbicos.

Candela: Es una de las siete unidades principales del Sistema Internacional de Unidades, el cuál la define como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hertz y de la cual la intensidad radiada en esa dirección es 1/683 Watts por estereorradian.

Diodo: Es un componente electrónico de dos terminales que permite la circulación de la corriente eléctrica a través de él en un solo sentido. Es capaz de emitir luz y transmitir información.

Estereorradian: Es la unidad derivada del SI que mide ángulos sólidos, su unidad de referencia es la esfera, y en equivalencia cuatro estereorradianes son equivalentes a la esfera completa y así respectivamente. Es el equivalente tridimensional del radián.

Flujo luminoso: Es la parte de la potencia radiante, una medida de la potencia luminosa emitida por la fuente capaz de afectar al ojo humano.

FPSO: Son las siglas en inglés de Floating, Producción Storage and Offloading, y son buques con capacidad de procesar y almacenar petróleo así como proveer la transferencia de petróleo y/o gas natural.

Intensidad luminosa: Es la cantidad de flujo luminoso emitido por una fuente por cada unidad de ángulo sólido.

Joule: Es la unidad del Sistema Internacional de Unidades para el trabajo y la energía.

LED: Por sus siglas en inglés, light emitting diode, que significan diodo emisor de luz. Cuando un led se encuentra en polarización directa, los electrones pueden recombinarse con los huecos en el dispositivo, liberando energía en forma de fotones. Este efecto es llamado electroluminiscencia y el color de la luz (correspondiente a la energía del fotón

Lumen: Es la unidad del Sistema Internacional de Unidades para medir el flujo luminoso. También equivale a una candela por estereorradian o un lux por metro cuadrado.

Luminancia: Se define como la densidad angular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.

$$L = \frac{d^2F}{dSd\Omega\cos\theta}$$

Donde:

- 1) L es la luminancia, medida candela/metro².
- 2) F es el flujo luminoso, en lumen.
- 3) dS es el elemento de superficie considerado, en metros².
- 4) dΩ es el elemento de ángulo sólido, en estereorradianes.
- 5) θ es el ángulo entre la normal de la superficie y la dirección considerada.

Lux: Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la luminancia. También equivale a un lumen por cada metro cuadrado o una candela por estereorradian por cada metro cuadrado.

Método de lúmenes: La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos.

El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques, ver Figura G.1:

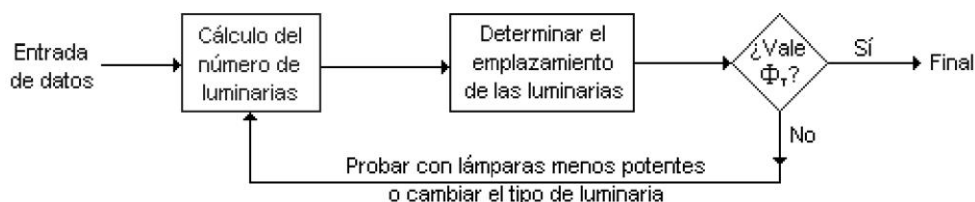


Figura G.1 Diagrama de flujo del método de lúmenes.

Datos de entrada

- Dimensiones del local y la altura del plano de trabajo (la altura del suelo a la superficie de la mesa de trabajo), normalmente de 0.85 m.
- Determinar el nivel de iluminancia media (E_m)
- Escoger el tipo de lámpara (incandescente, fluorescente...)
- Escoger el sistema de alumbrado, ver Tabla G.2.
- Determinar la altura de suspensión de las luminarias, ver Tabla G.1.

Donde:

h: altura entre el plano de trabajo y las luminarias

h': altura del local

- ☞ d: altura del plano de trabajo al techo
- ☞ d': altura entre el plano de trabajo y las luminarias, ver Figura G.2.

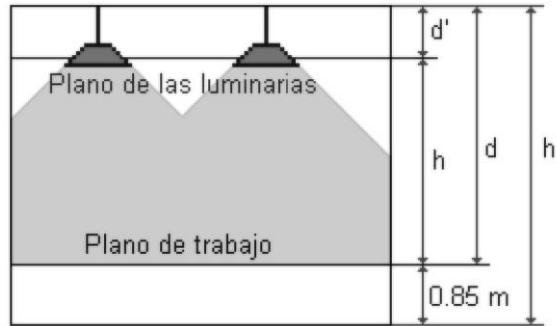


Figura G.2 Diagrama de datos de entrada.

Locales de altura normal (oficinas, viviendas, aulas...)	Lo más altas posibles
Locales con iluminación directa, semidirecta y difusa	Mínimo: $h = \frac{2}{3} \cdot (h' - 0.85)$ Óptimo: $h = \frac{4}{5} \cdot (h' - 0.85)$
Locales con iluminación indirecta	$d' \approx \frac{1}{4} \cdot (h' - 0.85)$ $h \approx \frac{3}{4} \cdot (h' - 0.85)$

Tabla G.1 Tabla de cálculo de altura de la luminaria.

Calcular el **índice del local (k)** a partir de la geometría de este. En el caso que se presenta para tener un panorama claro del método utilizaremos el **método europeo**, ver Figura G.3:

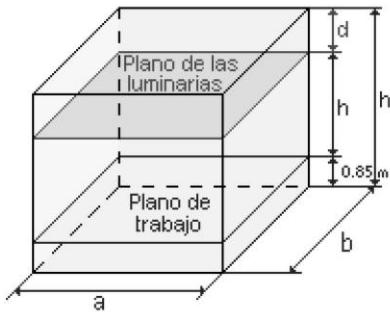


Figura G.3 Altura del plano de trabajo.

Sistema de iluminación	Índice del local
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa.	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semiindirecta.	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0.85) \cdot (a + b)}$

Tabla G.2 Elección del tipo de iluminación.

Donde **k** es un número comprendido entre 1 y 10. A pesar de que se pueden obtener valores mayores de 10 con la fórmula, no se consideran pues la diferencia entre usar diez o un número mayor en los cálculos es despreciable.

► Determinar los coeficientes de reflexión de techo, paredes y suelo. Estos valores se encuentran normalmente tabulados para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabado. Si no disponemos de ellos, podemos tomarlos de la Tabla G.3.

	Color	Factor de reflexión (p)
Techo	Blanco muy claro	0.7
	Claro	0.5
	Medio	0.3
Paredes	Claro	0.5
	Medio	0.3

	Obscuro	0.1
Suelo	Claro	0.3
	oscuro	0.1

Tabla G.3 Tabla del cálculo del factor de reflexión.

Determinar el factor de utilización (η , CU), ver Tabla G.4, a partir del índice del local y los factores de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontramos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local. Si no se pueden obtener los factores por lectura directa será necesario interpolar.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.56	.52	.60	.56	.52	.60	.56	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Tabla G.4 Tabla de cálculo del factor de utilización.

Determinar el factor de mantenimiento (f_m) o conservación de la instalación, ver Tabla G.5. Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. Para una limpieza periódica anual podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente	Factor de mantenimiento (fm)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Tabla G.5 Factor de mantenimiento.

Cálculos

► Cálculo del flujo luminoso total necesario. Para ello aplicaremos la fórmula

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m}$$

donde:

- ☞ Φ_T es el flujo luminoso total
- ☞ E es la iluminancia media deseada
- ☞ S es la superficie del plano de trabajo
- ☞ η es el factor de utilización
- ☞ f_m es el factor de mantenimiento

► Cálculo del número de luminarias (redondeado por exceso).

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

donde:

- N es el número de luminarias
- Φ_T es el flujo luminoso total
- Φ_L es el flujo luminoso de una lámpara
- n es el número de lámparas por luminaria

Emplazamiento de las luminarias

Una vez hemos calculado el número mínimo de lámparas y luminarias procederemos a distribuir las sobre la planta del local, ver Figura G.4. En los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las fórmulas siguientes:

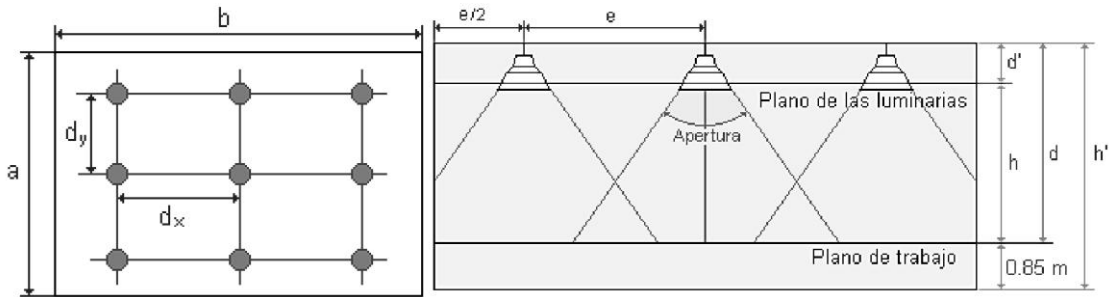


Figura G.4 Distribución y número de las luminarias.

$$N_{ancho} = \sqrt{N_{total} \cdot \left(\frac{ancho}{largo}\right)}$$

$$N_{largo} = N_{ancho} \cdot \left(\frac{largo}{ancho}\right)$$

donde N es el número de luminarias

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Como puede verse fácilmente en la Figura G.4, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia). Las conclusiones sobre la separación entre las luminarias las podemos resumir en la Tabla G.6:

Tipo de luminaria	Altura del local	Distancia máxima entre luminarias
intensiva	> 10 m	$e \leq 1.2 h$
extensiva	6 - 10 m	$e \leq 1.5 h$
semiextensiva	4 - 6 m	

extensiva	$\leq 4 \text{ m}$	$e \leq 1.6 \text{ h}$
distancia pared-luminaria: $e/2$		

Tabla G.6 Tabla resumen.

Si después de calcular la posición de las luminarias nos encontramos que la distancia de separación es mayor que la distancia máxima admitida quiere decir que la distribución luminosa obtenida no es del todo uniforme. Esto puede deberse a que la potencia de las lámparas escogida sea excesiva. En estos casos conviene rehacer los cálculos probando a usar lámparas menos potentes, más luminarias o emplear luminarias con menos lámparas.

Comprobación de los resultados

Por último, nos queda comprobar la validez de los resultados mirando si la iluminancia media obtenida en la instalación diseñada es igual o superior a la recomendada en las tablas.

$$E_m = \frac{n \cdot \Phi_L \cdot \eta \cdot f_m}{S} \geq E_{tablas}$$

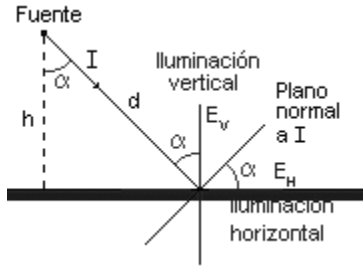
Método punto a punto: Nos permite conocer los valores de la iluminancia en puntos concretos. Para utilizar el método del punto por punto necesitamos conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo

Consideraremos que la iluminancia en un punto es la suma de la luz proveniente de dos fuentes: una componente directa, producida por la luz que llega al plano de trabajo directamente de las luminarias, y otra indirecta o reflejada procedente de la reflexión de la luz de las luminarias en el techo, paredes y demás superficies del local.

Cálculo de la componente directa en un punto

Fuentes de luz puntuales

Podemos considerar fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso, las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas siguientes:



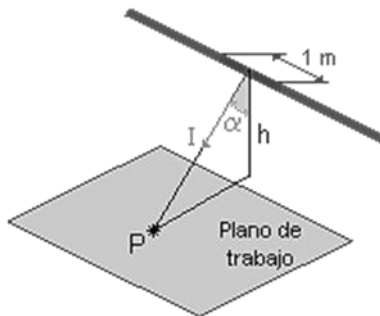
$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

Figura G.5 Componentes de la reflexión de fuentes de luz puntuales.

Fuentes de luz lineales de longitud infinita

Se considera que una fuente de luz lineal es infinita si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje; por ejemplo una línea continua de fluorescentes. En este caso se puede demostrar por cálculo diferencial que la iluminancia en un punto para una fuente de luz difusa se puede expresar como se muestra en la Figura G.6:



$$E_H = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \cos^2 \alpha$$

$$E_V = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

Figura G.6 Componentes de la reflexión de fuentes de luz lineales de longitud infinita.

En los extremos de la hilera de las luminarias el valor de la iluminancia será la mitad.

El valor de I se puede obtener del diagrama de intensidad luminosa de la luminaria referido a un metro de longitud de la fuente de luz. En el caso de un tubo fluorescente desnudo I puede calcularse a partir del flujo luminoso por metro, según la fórmula:

$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

Metro: Es la longitud de la trayectoria recorrida por la luz en el vacío en un lapso de 1/299 792 458 de segundo.

Micras: Unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un metro y se representa mediante el símbolo μm .

Nanómetro: es la unidad de longitud que equivale a una milmillonésima parte de un metro.

Newton: Es la unidad de fuerza del Sistema Internacional de Unidades, se define como la fuerza necesaria para proporcionar una aceleración de 1 m/s² a un objeto de 1 kg de masa.

Potencia radiante: Es la energía emitida por una fuente luminosa, sus unidades de medición son los Watts.

Tonelada: es una unidad de masa y es equivalente a 1000 kilogramos.

Watt: es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, y equivale a un Joule por cada segundo.

NOMENCLATURA

cd Candela.

Hz Hertz.

km Kilometro.

km² Kilometro cuadrado.

lm Lumen.

lx Lux.

m Metro.

m² Metro cuadrado.

m³ Metro cúbico.

nm Nanómetro.

tons Toneladas.

W Watts.