

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE ELABORACIÓN DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA COMERCIAL CENTRO

Ing. Ulises Betancourt Morffis¹, Ing. Geidy Arencibia Franquiz², Dr. C. Yadamy Rodríguez Sánchez³

1, 2, 3. Universidad de Matanzas, sede «Camilo Cienfuegos», Vía Blanca Km.3½, Matanzas, Cuba ulises.betancourt@umcc.cu

Resumen

La iluminación industrial es uno de los principales factores ambientales que tiene como finalidad facilitar la visualización de las cosas dentro de su contexto espacial, de modo que el trabajo se pueda realizar en unas condiciones de comodidad y seguridad. El Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro carece de un estudio de su sistema de iluminación en el área de producción. Por lo que el objetivo general de la presente investigación fue evaluar el sistema de iluminación del mismo. Este estudio demostró que la iluminación existente en el área era deficiente, por lo que se propuso un sistema de iluminación general, a través de la aplicación del método de los lúmenes, el cual cumple con lo establecido por la NC ISO 8995, norma que establece la iluminación requerida en puestos de trabajo en interiores.

Palabras claves: Iluminación; método de los lúmenes; sistema de iluminación.

Introducción

Desde el comienzo de la humanidad, el hombre se ha estado en constante intercambio con los componentes del medio ambiente, los que influyeron en la actividad transformadora desarrollada por el mismo, lo que propicio que las acciones que desarrollara alcanzaran una mayor o menor calidad. Con el tiempo, la combinación de estos elementos ha tomado varias terminologías o definiciones, una de las más empleadas para caracterizar a todos los elementos que rodean al hombre e influyen en el desarrollo de sus actividades se conoce como ambiente laboral.

El estudio del ambiente laboral es una ciencia que surgió producto del desarrollo de la sociedad. Desde el punto de vista empresarial es imprescindible lograr una mayor concientización acerca de la importancia real que tiene la Seguridad y Salud, no solo por el impacto social y productivo ocasionado por los accidentes y enfermedades adquiridas en el entorno laboral, sino por la necesidad de analizar esta actividad desde otro enfoque, integrándola como parte de un sistema a la actividad empresarial, debido a la significación que tiene para el logro de objetivos estratégicos y para mejorar la calidad de vida de los trabajadores.

Si se considera la situación actual de los países desarrollados, se observa que las personas viven mejor en cuanto a la comunicación, la tecnología, los ambientes físicos, están mejor acondicionados que en el pasado; sin embargo, aparecen síntomas que demuestran afectaciones en la salud de sus trabajadores (Falcón Castillo, 2016).

Existen marcadas diferencias en países subdesarrollados, donde los medios de producción son más atrasados y las condiciones en las que se realizan las actividades, en la mayoría de los casos, no son las idóneas, por estos motivos existe un mayor aumento los efectos negativos de los distintos elementos del ambiente laboral que influyen directamente en la salud del trabajador (Falcón Castillo, 2016). Salta a la vista que en estos países existe un recrudescimiento de las condiciones de trabajo a diferencia de los más desarrollados que logran garantizar condiciones más confortables para sus trabajadores y se ven menos afectados por los factores de riesgo.

En las condiciones actuales de un mundo globalizado, Cuba, que ha mantenido el socialismo y lo lleva adelante con orgullo, debe hacer innumerables esfuerzos con vistas a garantizar el máximo de calidad, evitar los errores, los retrocesos y el exceso de costos, mediante la mejora de la calidad en la producción y los servicios, para lograr ganar los mercados y negocios que son importantes para el desarrollo del país, ya que el futuro depende de ello.

Para el logro de lo mismo las empresas cubanas se encuentran sometidas a un proceso de perfeccionamiento empresarial en el que la organización del trabajo desempeña el papel protagónico, pues de ella dependen en gran medida desarrollar organizaciones económicas que sean caracterizadas por su competitividad y flexibilidad.

El perfeccionamiento de la empresa estatal tiene como objetivo central incrementar al máximo su eficiencia y competitividad, mediante el otorgamiento de facultades y el establecimiento de las políticas, principios y procedimientos que respondan al desarrollo de la iniciativa, la creatividad y la responsabilidad de jefes y trabajadores. Como fuente para incrementar la productividad y con ellas la competitividad, las cuales constituyen las bases para el desarrollo del país, dentro de esas organizaciones se encuentra la Unidad Administrativa Comercial Centro (UAC-Centro).

El objetivo principal de la UAC-Centro, es lograr la satisfacción de las necesidades crecientes y el mejoramiento de las condiciones de vida de los Oficiales de las FAR, sus familiares y el personal con derecho, relacionado con la producción y la prestación de los servicios de alojamiento, recreación, gastronomía, comercialización de artículos y productos para el mejoramiento de la calidad de vida.

Según Betancourt Morffis *et al.* (2017) los principales problemas que afectaban al centro eran:

- La transportación del producto terminado a sus diferentes destinos.
- El gran grado de desgastes de los medios de protección al trabajador: guantes para el horno, guantillas, botas, entre otros.
- La Falta de malla contra vectores.
- La existencia de una iluminación defectuosa.

En una reciente visita al centro se pudo percatar que el mismo aún posee pocas luminarias y de las existentes algunas no funcionan, por lo que es un problema aún si solución.

Por tal motivo se define como el problema científico de la presente investigación: la inexistencia de un estudio del sistema de iluminación del área de producción del Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro.

Por lo que se plantea como objetivo general de la presente investigación: evaluar el sistema de iluminación del área de producción del Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro.

Para lo cual se tendrá como apoyo los siguientes objetivos específicos:

- 1- Realizar una búsqueda bibliográfica, en la literatura nacional e internacional, como soporte y guía de la presente investigación.
- 2- Aplicar herramientas que permiten conocer el estado actual de del sistema de iluminación del Centro de Elaboración de la UAC-Centro.
- 3- Proponer mejoras científicamente argumentadas que contribuyan a la mejora del sistema de iluminación del Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro.

Desarrollo

Diversos autores han dado su definición de la luz, en el recuadro 1.1 se recogen algunos de ellos.

Recuadro 1.1. Definiciones de luz según varios autores.

Autor	Definición
Fernández y Boix (2004)	La luz puede definirse como la porción del espectro electromagnético que percibe el sistema visual del humano, comprendido entre las longitudes de onda de 380 a 760 nanómetros aproximadamente.
García Dihigo y Real Pérez (2005)	La luz es una onda electromagnética, ya que bajo ciertas circunstancias da lugar a los fenómenos que originan las ondas: difracción, interferencia y polarización.
Alonso Becerra (2007)	La luz o radiación electromagnética no es más que una combinación de campos eléctricos y magnéticos ondulatorios y perpendiculares entre sí, que se propagan en línea recta a una velocidad de $C=300\ 000$ km/s en el vacío. Se caracteriza por su frecuencia (f), por su longitud de onda (λ) y por su energía, la cual es proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional a su longitud de onda.
Expósito (2009)	La luz es una onda electromagnética cuyas características producen sensaciones visuales.

Fuente: elaboración propia

Después de analizados los diferentes conceptos relacionados con la luz se puede concluir que la luz es la parte de la radiación electromagnética que percibe la visión y se puede manifestar como onda y como partícula.

La iluminación industrial es uno de los principales factores ambientales que tiene como principal finalidad facilitar la visualización de las cosas dentro de su contexto espacial, de modo que el trabajo se pueda realizar en unas condiciones aceptables de eficacia, comodidad y seguridad. Son innumerables los efectos negativos que puede ocasionar en los trabajadores la insuficiente iluminación, entre ellos:

- Fatiga visual o general
- Dolores de cabeza
- Disminución de la agudeza visual

- Pérdida paulatina de la visión

No solo se producen efectos en los trabajadores, sino en la eficiencia de la propia actividad laboral, ejemplos son: pérdidas de productividad y calidad del producto o servicio y aumento del número de errores en las operaciones.

Los sistemas de iluminación industrial pueden dividirse en varios grupos según el tipo de clasificación que se haga, de acuerdo a las fuentes de iluminación se clasifican en: Iluminación natural e iluminación artificial (Viña Brito y Marsán Castellanos, 2007).

A continuación, se hace referencia a cada uno de estos sistemas.

- Iluminación natural: Es sin duda la iluminación más económica y sana; es la que entra por las ventanas, puertas, rajas, y claraboyas. Su calidad y cantidad dependen de la orientación (norte, sur, este, oeste, NE, NO, SE, SO), de la hora del día, de la estación, y de su ubicación. La iluminación natural es casi siempre general (Viña Brito, 1987).
- Iluminación artificial: La iluminación no es sólo un elemento necesario para desarrollar actividades en ambientes u horarios en que no hay luz natural. Se logra tras la aplicación de una corriente eléctrica a un dispositivo, cuyos componentes convierten dicha corriente eléctrica en luz. Los niveles de iluminación artificial se han aumentado, junto con el desarrollo de nuevas lámparas, más eficientes, y económicas (Bruno, 2006).

Según Viña Brito y Gregori (1986) fisiológicamente la iluminación más favorable para el hombre es la natural, además de ser más económica, por eso es necesario explotarla al máximo. Lo óptimo corresponderá a sistemas naturales artificiales en los cuales se le asignarán siempre un máximo a la natural, correspondiéndole a la artificial el papel de completar para alcanzar el nivel de iluminación necesaria.

Según Westinghose (1973) en el campo de la iluminación se utilizan habitualmente varias magnitudes. La magnitud básica de la iluminación es la intensidad luminosa, la cual fue reconocida en 1967 por el sistema internacional de unidades (SIU), con el nombre de «candela».

Las demás magnitudes de iluminación se establecen sobre la base de sus relaciones normales con la intensidad luminosa, tal como la define el Sistema Internacional de Unidades.

En el recuadro 1.2 se muestra las principales magnitudes y unidades de iluminación, así como su definición, significado y expresión de cálculo.

Recuadro 1.2. Principales magnitudes y unidades de iluminación.

Magnitud	Unidad	Definición	Representa	Expresión
----------	--------	------------	------------	-----------

Intensidad luminosa	Candela (Cd)	Intensidad luminosa de una fuente que emite una radiación monocromática con una frecuencia de 540.1012 Hz en una dirección determinada y cuya intensidad energética en esa dirección es de 1/683 Watt por estereorradián.	La cantidad de luz que emite una fuente en todas las direcciones por unidad de ángulo sólido.	$I = E * D^2$ Donde: I: Intensidad luminosa, cd E: Nivel de iluminación, lux D: Distancia de la fuerza luminosa a la superficie, m.
Flujo luminoso (Φ)	Lumen (Lm)	El lumen es igual al flujo luminoso de una variación monocromática donde el flujo energético es de 1/683 watt y la frecuencia es de 540,015 4.1012 Hz.	La cantidad de luz emitida por estereorradián por una fuente luminosa uniforme de 1 candela.	$\Phi = E * S$ Donde: Φ : Flujo luminoso, lm. E: Nivel de iluminación, lux S: Superficie, m^2
Iluminación (E)	Lux (lx)	El lux igual a la iluminación de una superficie de 1 m ² cuando se inicie sobre ella el flujo luminoso de 1Lm.	La densidad de flujo sobre una superficie.	$E = \Phi/S$ Donde: Φ : Flujo luminoso, lm. E: Nivel de iluminación, lx S: Área iluminada, m ² .
Luminancia o brillo	Candela por unidad cuadrada (Cd/m ²)	La candela por unidad cuadrada es igual a la luminancia de una superficie plana uniformemente luminosa en dirección perpendicular cuya área es de 1 m ² y su intensidad luminosa es de 1 cd.	Intensidad luminosa de una fuente o superficie en una dirección dada por unidad de área proyectada de la superficie	$LoB = \frac{E * r}{10000}$ Donde: L o B: Luminancia o brillo, cd / m ² r: Factor de reflexión.

Fuente: Falcón Castillo (2016)

Para llevar a cabo el procedimiento de medición se cuenta con la utilización de un luxómetro como equipo de medición de la intensidad de la luz, con el cual se realizará el registro de los niveles de iluminación en los puestos seleccionados.

Se medirá en puntos específicos de las áreas pertinentes sobre los cuales el obrero trabaje directamente, es decir, en la zona específica donde incida la acción del operario, la cual puede ser horizontal, vertical o inclinada, se mantendrá el luxómetro sobre dicha zona lo más estable posible, pues algún cambio en el ángulo de medición alterará el resultado. Luego de colocar correctamente el equipo se procederá a la toma de los valores en cada punto, la distribución de los mismos será realizada como muestra la figura 2.2.

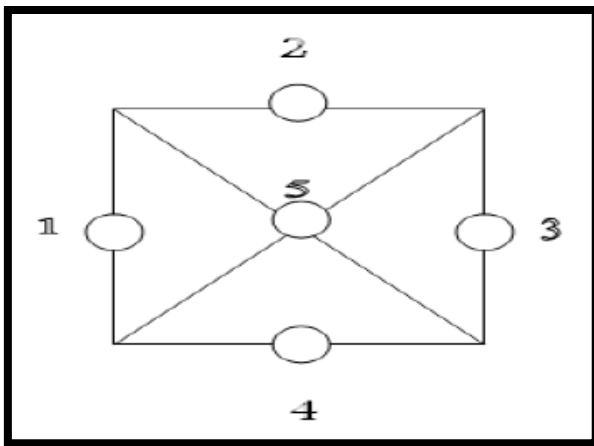


Figura 2.2: Distribución de los puntos de medición.

Fuente: elaboración propia

Para la mayor comprensión del proceso de medición se les otorgarán a los puntos de la figura anterior las siguientes definiciones:

Punto 1, 2, 3, 4: puntos medios de cada lado de la unidad de área.

Punto 5: punto del centro de la diagonal de la unidad de área.

Se realizarán tres mediciones durante la jornada laboral, y se debe tener en cuenta la duración de la misma se tomarán los horarios en los cuales se considere, existan variaciones significativas en cuanto al nivel de iluminación, con el fin de garantizar que la distribución de la iluminación sea uniforme. Se busca la obtención de resultados más abarcadores, se llevarán a cabo tres días de mediciones, de esta manera existirá una mayor exactitud y veracidad, que se corresponda con los niveles de iluminación con los cuales los operarios trabajan.

Luego realizar las mediciones pertinentes, se prosigue al cálculo del nivel de iluminación existente en el puesto de trabajo, para lo que se utiliza la siguiente ecuación:

$$\bar{E}=16/(\sum E_m 4 + 2 E_g)$$

Donde:

\bar{E} : Nivel de iluminación existente.

E_m : Nivel de iluminación medido en el punto medio de lado de la unidad de área (puntos 1, 2, 3, 4).

E_g : Nivel de iluminación medido en el centro de la diagonal de la unidad de área (punto 5).

Para la determinación del Nivel de iluminación recomendado, se tendrá en cuenta lo expresado en la norma ISO-8995 (Iluminación de puestos de trabajo en interiores), donde se localizará la tarea o actividad que se realice en las áreas objeto de estudio en la tabla (Tareas y actividades en áreas interiores con especificación de la iluminancia, la limitación del deslumbramiento y la cualidad de color), de dicha norma, para luego obtener la iluminancia mantenida que se aplica para dicha actividad. Posteriormente se realizará una comparación entre el valor obtenido de dicha tabla y el nivel de iluminación existente obtenido con anterioridad.

Luego de obtener los niveles de iluminación tanto existente como recomendado, se prosigue con la comparación de los mismos, para lograr comprobar si la iluminación de las áreas involucradas en la realización de los estudios, se encuentra en los parámetros recomendados.

Dicha comparación se realizará de la siguiente forma:

- Si $E_{exist} \geq E_{recom}$, correcto.
- Si $E_{exist} < E_{recom}$, incorrecto.

Los métodos de alumbrado indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado. Se distinguen tres casos: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado, como se muestra en la figura 1.1.

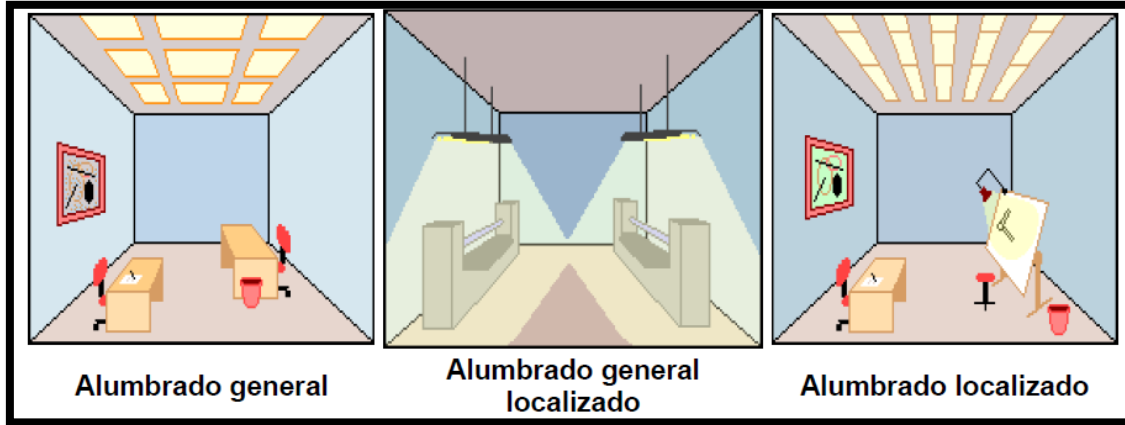


Figura 1.1. Métodos de alumbrado.

Fuente: Rodríguez González *et al.* (2007)

En la literatura se encuentran varios métodos para diseñar sistemas de alumbrado general, entre los que no existen diferencias significativas. Pueden citarse: el método de los lúmenes según Westinghouse, el método del rendimiento según manual Osram y el método de la Phillips.

En este caso se procederá a explicar el Método de los Lúmenes según Westinghouse, cuyo principio fundamental es la distribución homogénea del flujo luminoso en toda la superficie del local.

El primer paso consiste en seleccionar la lámpara y luminaria a utilizar para lo que se debe tener en cuenta los aspectos analizados en los epígrafes anteriores y ubicarlas en los catálogos disponibles o los ofrecidos por el vendedor.

Posteriormente se determina la cantidad de lámparas por la expresión siguiente:

$$\text{Cantidad de lámparas} = \frac{NI * S}{CU * FL * FC}$$

Donde:

NI: Nivel de iluminación requerido sobre el plano de trabajo (luxes).

S: Superficie a iluminar (m²)

FL: Flujo luminoso de la lámpara seleccionada (lúmenes/lámpara).

CU: Coeficiente de utilización.

FC: Factor de conservación o mantenimiento.

El coeficiente de utilización (CU) es la proporción del flujo luminoso que llega al plano de trabajo. Depende de:

- Reflexión de paredes, techo, piso (color).
- Tipo de luminaria.
- Dimensiones del local.
- Distancia de la luminaria al plano a iluminar.

Estos dos últimos factores se interrelacionan en la Relación del local (RL) y que depende del tipo de luminaria empleada en el sistema de alumbrado:

- Para luminarias directas, semidirectas, general -difusa y directa – indirecta

$$RL = \frac{L * A}{h_m(L + A)}$$

hm: altura de montaje sobre plano de trabajo (altura del plano de trabajo hasta la luminaria)

- Para luminarias indirectas y semi-indirectas.

$$RL = \frac{3 * L * A}{2 * h_{pt}(L + A)}$$

hpt: altura del plano de trabajo al techo.

Con el valor de RL se determina el Índice del Local (IL)

Con el IL y los coeficientes de reflexión de las paredes y el techo se determina el coeficiente de utilización (CU)

El coeficiente de reflexión de las paredes y el techo depende de los colores de que estén pintadas.

El factor de mantenimiento o conservación (FC) depende de la limpieza, reposición, mantenimiento y atmósfera. Según Westinghouse (1973) hay tres clasificaciones:

1. Bueno: cuando las lámparas se limpian diariamente y se cambian antes de

fundirse.

2. Regular: se limpian frecuentemente y se cambian acabadas de fundir.

3. Malo: cuando no se limpian y no se sustituyen.

Los valores del FM se obtienen en las mismas tablas que el CU.

Una vez calculada la cantidad de lámparas se puede determinar la cantidad de luminarias.

$$\text{Cantidad de luminarias} = \frac{\text{Cantidad de lámparas}}{\text{lámparas/luminaria}}$$

Otro aspecto importante en el diseño de un sistema de alumbrado general es la distribución de las luminarias en el techo (emplazamiento). Es necesario lograr uniformidad del NI y simetría lo que implica cantidad de luminarias por filas y columnas.

El método de los lúmenes plantea que la distancia entre luminarias tanto por filas (DLF) como por columnas (DF) debe ser \leq a la $D_{\text{máx}}$.

$$DLF = \frac{L}{NLF}$$

$$DF = \frac{A}{NF}$$

Donde:

NLF: cantidad de luminarias de una fila.

NF: cantidad de filas.

Si las DLF y DF son superiores a la $D_{\text{máx}}$, significa que no existirán niveles de iluminación homogéneos en todas las superficies del local y por lo tanto tendría que analizarse otra distribución o aplicar soluciones en que se incrementen la cantidad de lámparas y luminarias.

La UAC Centro, se encuentra ubicada en la calle 183, s/n entre 3^{ra} y 4^a, Reparto Camilo Cienfuegos, Municipio y Provincia de Matanzas.

El Objeto Social de la entidad se encuentra en función de:

- Garantizar al cuerpo de oficiales y sus familiares y otras categorías de personal con derecho, las actividades de alojamiento, recreación, gastronomía, venta de vestuario

militar y medios para el mejoramiento de la calidad de vida, la comercialización de productos industriales y la prestación de servicios, sobre la base de la política establecida por el Ministerio de las Fuerzas Armadas Revolucionarias.

- Ejercer la dirección y control de las Unidades Básicas Comerciales que agrupa.
- Realizar el control y administración del fondo de viviendas vinculadas y medios básicos que posee y las acciones constructivas y de servicios que requieran la conservación y rehabilitación de las mismas.

La empresa en aras de velar por un buen funcionamiento define como su misión y visión:

Misión: La Unidad Administrativa Comercial de Matanzas tiene la misión de lograr la satisfacción de las necesidades crecientes y el mejoramiento de las condiciones de vida de los Oficiales de las FAR, sus familiares y el personal con derecho, relacionado con la producción y la prestación de los servicios de alojamiento, recreación, gastronomía, comercialización de artículos y productos para el mejoramiento de la calidad de vida; así como mantener la imagen y el confort de las instalaciones con un adecuado mantenimiento y reparación de las instalaciones y los medios técnicos, se cuenta para ello con la adecuada infraestructura y la activa participación de los trabajadores, cuyos valores éticos, morales y profesionales constituyen la garantía del éxito.

Visión: Ser una empresa distinguida dentro del Sistema de Unidades Administrativas Comerciales por garantizar confianza y calidad en sus servicios y producciones y lograr una activa comunicación con los clientes que le permiten obtener resultados óptimos y con mayor grado de eficiencia en el desarrollo de habilidades y profesionalidad de su personal dándole la oportunidad para la mejora continua en el desempeño de las funciones.

Para lo cual cuenta con una estrategia trazada, reconocida en sus objetivos estratégicos generales, los cuales les permiten velar por el logro de sus metas, así como valorar el buen funcionamiento de la entidad.

Objetivos Estratégicos Generales:

1. Lograr que los incrementos de trabajadores respondan solo a incrementos de los niveles de actividad.
2. Elevar la profesionalidad de los trabajadores y cuadros, así como lograr la adecuada preparación de la reserva.
3. Consolidar un sistema de atención al hombre que propicie la creatividad, sentido de pertenencia, permanencia y estimule la gestión participativa en el proceso de dirección.

4. Continuar el proceso de perfeccionamiento y consolidación de las actividades del abastecimiento y comercialización en la UAC.
5. Racionalizar el consumo de los portadores energéticos.
6. Trabajar por el incremento constante de la efectividad de la labor político ideológica para que la misma se exprese en el accionar consciente de los cuadros y en la conducta revolucionaria de los trabajadores.
7. Trabajar en la mejora continua y avanzar en la consolidación del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC)
8. Cumplir y sobre cumplir al cierre del año el plan de ventas de productos elaborados.
9. Elevar el nivel técnico profesional en la prestación de los servicios encaminados a mejorar el estado de satisfacción al cliente.
10. Elaborar y establecer el Sistema de Gestión Ambiental en correspondencia con el objeto social de la empresa.
11. Elevar la eficiencia en la gestión económica de la Empresa.

Uno de los procesos clave del Centro lo constituye la gestión de operaciones, entre la que se encuentra la gastronomía, destacándose en esta el Centro de Elaboración, encargado del proceso de producción de los alimentos que brinda la entidad a sus clientes.

En el Centro de Elaboración de la UAC Centro se lleva a cabo la producción de disímiles productos como son:

- | | |
|-------------|---------------|
| ○ Natillas | ○ Polvorones |
| ○ Panetelas | ○ Masa Real |
| ○ Croquetas | ○ Marquesitas |
| ○ Cake | ○ Bizcocho |

El centro de elaboración cuenta con siete puestos de trabajo, dos operarios, un asistente y un responsable de producción. La jornada laboral comprendida en la entidad es de ocho horas y el centro labora de lunes a viernes y sábados alternos, para un total de 24 días al mes.

El comienzo de jornada laboral es a las 8:00 am, con una merienda de 30 minutos desde 9:30 am hasta las 10:00 am, a las 12:00 m empieza el horario de almuerzo el cual culmina a la 1:00 pm, la jornada concluye a las 5:00 pm.

La mayor producción que se efectúa en dicho centro es el de la panetela, debido a esta no solo se comercializa de dicha forma, sino que es el principio básico de la elaboración de otros dulces como los bizcochos, las marquesitas y los cakes, estos últimos son los de mayores pedidos que afronta el Centro.

El Centro de Elaboración de la UAC Centro cuenta con 4 locales, como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1. Distribución en planta del Centro de Elaboración de la UAC Centro.

Fuente: elaboración propia.

El área de producción del Centro de Elaboración de la UAC Centro, tiene 12 m de largo y 5.67 m de ancho. En ella se llevan a cabo todos los procesos productivos del centro.

En esta área se encuentra presente tanto la iluminación natural, por cuatros ventanas de aluminio y la artificial está presente por 7 luminarias de 1 tubo de lámparas fluorescentes rectas de 18 W, T-8, 6500K, de las cuales 3 no funcionan, como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2. Área de producción del Centro de Elaboración de la UAC Centro.

Fuente: elaboración propia

Para la medición del nivel de iluminación existente, se aplicó el método de los lúmenes, obteniéndose un total de 23 puntos a monitorear, como se muestra en la figura 2.3.

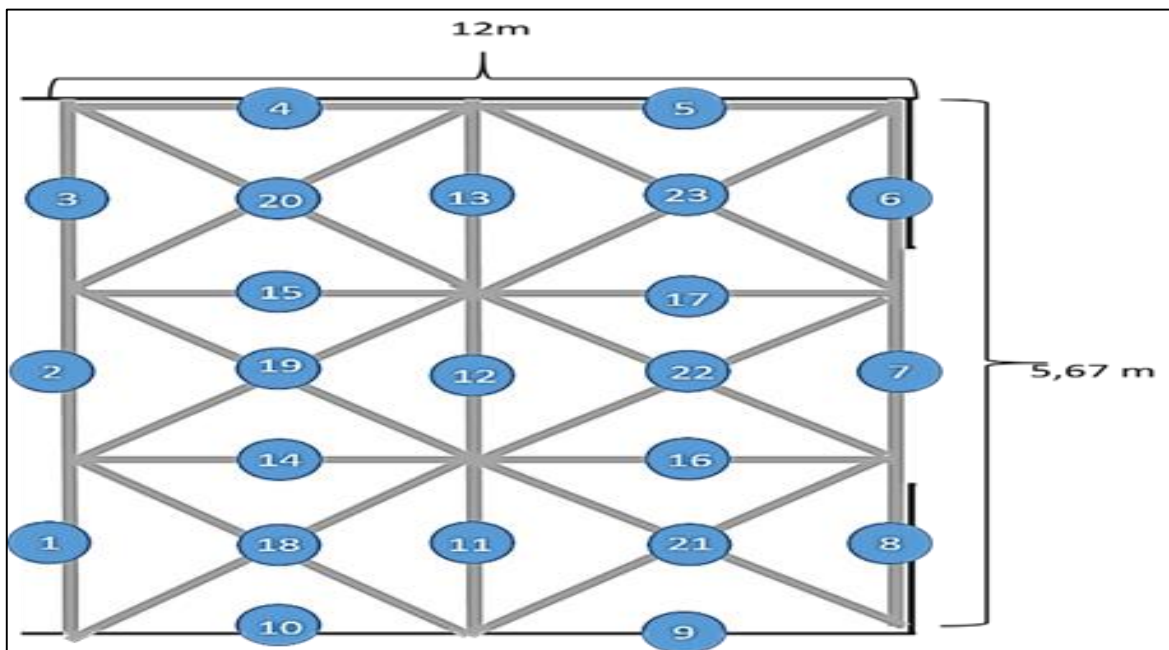


Figura 2.3. Determinación de los puntos de medición por el método de los lúmenes.

Fuente: elaboración propia.

Luego se procedió a establecer el horario en que se efectuó el monitoreo, el mismo se encuentra recogido en la tabla 2.1.

Tabla 2.1. Horario en que se realizaron las mediciones.

Horario	Representación
8:00 am	E1
1:00 pm	E2
4:00 pm	E3

Fuente: elaboración propia.

Luego se procedió a efectuarse las mediciones, en la tabla 2.2 se recogen las mismas.

Tabla 2.2. Mediciones del nivel de iluminación existentes en cada punto de monitoreo.

Punto	E1 (lux)	E2 (lux)	E3 (lux)	E (lux)
1	327	338	321	328
2	198	200	195	197
3	178	186	141	168
4	112	124	107	114
5	47	51	53	50
6	40	46	38	41
7	259	269	240	256
8	48	50	45	47
9	115	120	110	115
10	137	140	120	132
11	193	200	189	194
12	117	123	116	118
13	116	120	90	108
14	230	233	220	227
15	141	160	130	143
16	58	66	54	59
17	131	136	124	130
18	255	266	245	255
19	146	154	144	148
20	112	120	108	113
21	40	45	31	38
22	155	169	148	157
23	64	72	59	65

Fuente: elaboración propia

Una vez obtenido estos valores se procedió a calcular el nivel de iluminación existente por la siguiente ecuación:

$$E = \frac{1}{6 * mn} \left(\sum_1^{2(m+n)} \overline{E_d} + 2 \sum_1^z \overline{E_x} + \sum_1^{mn} \overline{E_o} \right)$$

Donde:

m – es el número de columnas

n - es el número de filas

E - es el nivel de iluminación del área

E_d - es el nivel de los puntos de monitoreo de los bordes exteriores

E_x - es el nivel de los puntos interiores

E_o - es el nivel de los puntos centrales

$$z = n(m - 1) + m(n - 1)$$

$$z = 3(2 - 1) + 2(3 - 1) = 7$$

$$E = \frac{1}{6 * 2 * 3} (1448 + 2 * (989) + 776)$$

$$E = 116 \text{ lux}$$

Según la norma cubana ISO 8995, la cual es la que estipula la iluminación requerida en puestos de trabajo en interiores, para panaderías en las operaciones de preparación y horneado, la intensidad de la luz requerida es de 300 lux, por lo que la iluminación existente es deficiente, debido a que solo garantiza 116 lux.

Por tal situación se decide efectuar una investigación mediante el método de los lúmenes para determinar la distribución de las luminarias, en aras de solucionar tales circunstancias.

Aplicación del método de los lúmenes

1. Selección del sistema de alumbrado y luminarias: Dos tubos de lámparas fluorescentes rectas de 18 W, T-8, 6500K.
2. Determinación el coeficiente de utilización: 75% por ser colores claros.
3. Calcular la relación del local: Luminarias semidirectas.

$$Hm = hl - hpt - hlámpara$$

$$Hm = 6m - 1.09m - 3.50m$$

$$Hm = 1.41m$$

$$RL = \frac{l * a}{Hm(l + a)}$$

El índice del local es: D

$$RL = \frac{l * a}{Hm(l + a)}$$

$$RL = \frac{5.67 * 12}{1.41(5.67 + 12)}$$

$$RL = 2.73$$

4. Coeficiente de utilización: 0.66
5. Factor de mantenimiento: M= 0.55
6. Flujo luminoso: 2520.

Determinación del número de luminarias:

$$No = \frac{NI req (l * a)}{Fl * Fm * Cu}$$

$$No = \frac{300(5.67 * 12)}{2520 * 0.55 * 0.66}$$

$$No = 24 \text{ luminaria}$$

Determinación del número de lámparas:

$$Nl = \frac{No}{\text{Número de lámp/luminaria}}$$

$$Nl = \frac{24}{2} = 12 \text{ lámparas}$$

Por lo que es necesario instalar 12 lámparas con dos tubos de lámparas fluorescentes rectas de 18 W, T-8, 6500K

Selección de la combinación más adecuada:

$$\frac{l}{a} = \frac{5.67}{12} = 0.48$$

En la tabla 2.3 se recogen las posibles combinaciones para la instalación de las luminarias en el área de producción del Centro de Elaboración de la UAC Centro.

Posibles combinaciones	
F*C	F/C
4*3	4/3=1.33
3*4	3/4= 0.75
6*2	6/2= 3
2*6	2/6= 0.33
12*1	12/1=12

1*12	1/12=0.083
------	------------

Fuente: elaboración propia.

La combinación adecuada es de 2 filas y 6 columnas.

Cálculo de la distancia de montaje:

1: $a/2F=3m$

2: $l/2C= 0.47m$

3: $l/C= 0.95m$

4: $a/F=6m$

En la figura 2.4 se muestra la representación final del sistema de iluminación propuesto.

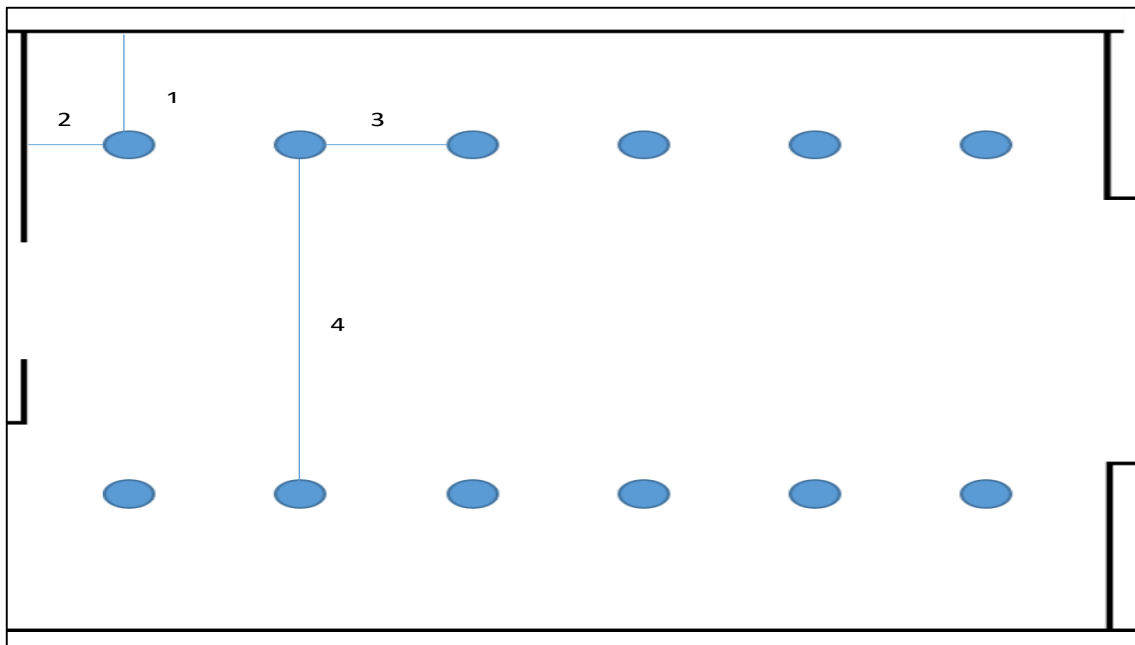


Figura 2.4. Sistema de iluminación propuesto.

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Tras la búsqueda bibliográfica realizada se pudo fundamentar de forma teórica los aspectos que tributan a la evaluación de un sistema de iluminación.

Se pudo determinar el nivel de iluminación existente en el área de producción del Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro, el cual era de 116 lux. El cual tras comparar con el nivel recomendado por la norma cubana ISO 8995, para las actividades que se llevan a cabo en el área de producción se apreció que el sistema de iluminación existente no garantiza el valor recomendado (300 lux).

Se recomendó una distribución de luminarias, la cual va a estar compuesta por 12 lámparas y 24 luminarias, tras la aplicación del método de los lúmenes, que permite cumplir con lo establecido en la norma cubana ISO 8995.

Referencias bibliográficas

ALONSO BECERRA, A. *Ergonomía*. Primera edición. La Habana: Ed. Félix Varela, 2007.

BETANCOURT MORFFIS, U. et al. Estudio de los procesos productivos del Centro de Elaboración de la Unidad Administrativa Comercial Centro. Proyecto Integrador de Ingeniería Industrial I. Universidad de Matanzas, Facultad de Ciencias Económicas e Informática. Departamento Industrial. Matanzas, 2017.

Iluminación. Tipos de alumbrado. 2006, [fecha de consulta: 24-5-2019]. Disponible en: http://html.rincondelvago.com/iluminacion_tipos-dealumbrado.htm

EXPÓSITO, Y. *Obtención de las curvas de distribución luminosas de las nuevas luminarias introducidas en el país mediante la Revolución Energética*. Tesis de pregrado. Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, 2009.

FALCÓN CASTILLO, C. Evaluación de las condiciones de ambiente laboral en el proceso de construcción y reparación de coches de arrastre y motor de la Empresa Industrial Ferroviaria «José Valdez Reyes». Tesis en opción al título de Ingeniería Industrial. Universidad de Matanzas «Camilo Cienfuegos». Matanzas, 2016.

Cálculo de instalaciones alumbradas. 2004, [fecha de consulta: 24-05-2019]. Disponible en: <http://edison.upc.es/curs/llum/interior/iluint2.html>

GARCÍA DIHIGO, J. y REAL PÉREZ, G. *El hombre y su ambiente laboral*. Matanzas: Universidad de Matanzas, 2005.

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ, I. et al. *Seguridad y salud en el trabajo*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2007.

VIÑA BRITO, S. *Ergonomía*. Vol. I. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987.

VIÑA BRITO, S. y GREGORI, E. *Ergonomía*. La Habana: Departamento de ediciones internas del IPSJAE, 1986.

VIÑA BRITO, S. y MARSÁN CASTELLANOS, J. *Seguridad y salud en el trabajo*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2007.

WESTINGHOSE. *Manual de alumbrado*, 1973.