



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCION DE EFICIENCIA  
ENERGETICA EN LA ILUMINACION DEL CENTRO MATERNO  
INFANTIL DR. SAMUEL DARIO MALDONADO**

Br. Angel David Salazar Peña

Mérida, Febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCION DE EFICIENCIA  
ENERGETICA EN LA ILUMINACION DEL CENTRO MATERNO  
INFANTIL DR. SAMUEL DARIO MALDONADO**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero  
Electricista

Br. Angel David Salazar Peña  
Tutor: Luz Stella Moreno Martín

Mérida, Febrero de 2017

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA

**PROPUESTA Y ESTUDIO DE UNA SOLUCION DE EFICIENCIA  
ENERGETICA EN LA ILUMINACION DEL CENTRO MATERNO  
INFANTIL DR. SAMUEL DARIO MALDONADO**

Br. Angel David Salazar Peña

Trabajo de grado, presentado en cumplimiento parcial de los requisitos exigidos para optar al título de Ingeniero Electricista, aprobado en nombre de la Universidad de los Andes por el siguiente Jurado.

---

Prof. Marisol Dávila

Jurado

---

Prof. Ricardo Stephens

Jurado

---

Prof Luz Moreno

Tutor

## **DEDICATORIA**

Primeramente dedico mi trabajo a Dios Todopoderoso que me ha dado fuerzas para continuar cuando he estado a punto de caer.

De igual forma, dedico esta tesis a mis padres que han sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me han ayudado y apoyado para salir adelante en los momentos difíciles.

A mis hermanas que siempre han estado junto a mí brindándome su apoyo.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

A mi bella Esposa que ha sido mi confidente y amiga en la última etapa de mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a Dios por darme el entendimiento y las fuerzas necesarias para superar los obstáculos y dificultades a lo largo de esta meta.

A la ilustre Universidad de Los Andes en especial a la Escuela de Ingeniería Eléctrica por brindarme todos los conocimientos plenos y permitir formarme como Ingeniero Electricista en esta estupenda casa de estudios.

Al departamento de mantenimiento del Centro Materno Infantil Dr. Dario Maldonado por su colaboración en las instalaciones.

A mis compañeros y amigos por brindarme su apoyo, tiempo y espacio para ayudarnos mutuamente.

A mi tutora académica, Prof. Luz Stella Moreno por sus conocimiento, orientaciones y guía en esta etapa final de la carrera.

**Br. Angel David Salazar Peña. Propuesta y Estudio de una Solución de Eficiencia Energética en la Iluminación del Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado.**  
Universidad de Los Andes. Tutor: Prof. Luz Stella Moreno Martín. Enero. 2017.

## **Resumen**

Los centros de salud deben contar con una iluminación adecuada para el desempeño de su grupo profesional que lo conforma, por lo cual, el presente estudio se llevó a cabo en el Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado, evaluando la iluminación de sus interiores, así mismo verificando si la iluminación es la adecuada para prestar el servicio, brindar confort y calidad, de esta manera proponer una solución de eficiencia energética. Sin embargo se recolectó la información a través de la aplicación de encuestas, dirigida hacia los usuarios, obreros y profesionales de la salud, sobre la situación actual. No obstante, el estudio del sistema actual no se encuentra en total normalidad para un buen funcionamiento, el cual, se comprobó con una serie de medidas mediante un equipo *android* con su sensor de luz RGB en cada área, con lo recomendado en la norma COVENIN 2249-93, por lo que se planteó una propuesta de sustitución adecuada de lámparas LED, las cuales alcanzan de forma satisfactoria los niveles de iluminación, comprobados mediante la herramienta DIALux 4.2, un estudio económico y un consumo energético, resultando una solución viable para el sistema de iluminación y de eficiencia energética.

**Descriptores:** LED, Luminarias, Niveles de Iluminación, Eficiencia Energética, *android*.

## INDICE GENERAL

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| APROBACION .....                     | ii         |
| DEDICATORIA.....                     | iii        |
| AGRADECIMIENTOS .....                | iv         |
| RESUMEN .....                        | v          |
| INTRODUCCION.....                    | 1          |
|                                      |            |
| <b>CAPITULO I</b>                    | <b>pp.</b> |
| <b>PROBLEMATICA ACTUAL</b> .....     | 3          |
| 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....  | 3          |
| 1.2 JUSTIFICACION .....              | 4          |
| 1.3 OBJETIVOS .....                  | 5          |
| 1.2.1. Generales .....               | 5          |
| 1.2.2. Específicos.....              | 5          |
| 1.4 METODOLOGIA .....                | 6          |
| 1.5 ALCANCE .....                    | 6          |
| 1.6 LIMITACIONES .....               | 6          |
|                                      |            |
| <b>CAPITULO II</b>                   |            |
| <b>MARCO TEORICO</b> .....           | 8          |
| 2.1 LUZ ,VISION Y COLOR .....        | 8          |
| 2.1.1 Luz .....                      | 8          |
| 2.1.2 Espectro electromagnético..... | 8          |
| 2.1.3 Control de luz.....            | 9          |
| 2.1.3.1 <i>Reflexión</i> .....       | 9          |
| 2.1.3.2 <i>Refracción</i> .....      | 9          |
| 2.1.3.3 <i>Transmisión</i> .....     | 10         |
| 2.1.3.4 <i>Absorción</i> .....       | 10         |
| 2.1.3.5 <i>Difusión</i> .....        | 10         |
| 2.1.4 Visión .....                   | 10         |
| 2.1.5 El proceso visual .....        | 11         |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.1.6    | Capacidad visual .....  | 11 |
| 2.1.6.1  | <i>Sensibilidad</i> .....   | 11 |
| 2.1.6.2  | <i>Acomodación</i> .....  | 12 |
| 2.1.6.3  | <i>Adaptación del ojo</i> .....   | 12 |
| 2.1.6.4  | <i>Agudeza visual</i> .....   | 12 |
| 2.1.6.5  | <i>Visión binocular</i> .....   | 12 |
| 2.1.6.6  | <i>Campo visual</i> .....   | 12 |
| 2.1.6.7  | <i>Percepción cromática</i> .....   | 13 |
| 2.1.7    | Factores que influyen en la visión.....                                   | 13 |
| 2.1.8    | Color.....  | 13 |
| 2.1.9    | Características cromáticas .....  | 14 |
| 2.1.9.1  | <i>Temperatura de color</i> .....   | 14 |
| 2.1.9.2  | <i>Índice de rendimiento de color (IRC o Ra)</i> .....                    | 16 |
| 2.1.9.3  | <i>Efectos psicológicos de la luz</i> .....                               | 17 |
| 2.2.     | FOTOMETRIA.....   | 17 |
| 2.2.1    | Magnitudes luminosas .....  | 17 |
| 2.2.1.1  | <i>Luminotecnia</i> .....   | 17 |
| 2.2.1.2  | <i>Angulo sólido</i> .....  | 18 |
| 2.2.1.3  | <i>Flujo luminoso</i> .....   | 18 |
| 2.2.1.4  | <i>Lumen</i> .....  | 18 |
| 2.2.1.5  | <i>Intensidad luminosa</i> .....  | 18 |
| 2.2.1.6  | <i>Una candela</i> .....  | 19 |
| 2.2.1.8  | <i>Iluminancia</i> .....  | 19 |
| 2.2.1.9  | <i>Luminancia</i> .....   | 20 |
| 2.2.1.10 | <i>Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa</i> .....                   | 20 |
| 2.2.1.11 | <i>Factor de mantenimiento</i> .....                                      | 21 |
| 2.2.1.12 | <i>Curva polares</i> .....  | 21 |
| 2.2.1.13 | <i>Curva isolux</i> .....   | 21 |
| 2.2.1.14 | <i>Equipo para mediciones: se mencionan dos principales equipos</i> ..... | 21 |
| 2.2      | FUENTES DE LUZ.....   | 21 |
| 2.3.1    | Lámparas incandescentes .....   | 21 |
| 2.3.2    | Lámparas incandescentes con halogenuros .....                             | 22 |



|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.3.3   | Lámparas fluorescentes–Vapor de mercurio de baja presión .....          | 22 |
| 2.3.4   | Lámparas fluorescentes compactas .....                                  | 23 |
| 2.3.5   | Lámparas LED ( <i>Ligth Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz</i> )..... | 23 |
| 2.2.6   | Tipos de lámparas recomendados .....                                    | 24 |
| 2.3     | SISTEMA DE ILUMINACION .....  | 25 |
| 2.4.1   | Alumbrado general.....  | 26 |
| 2.4.2   | Alumbrado localizado .....  | 26 |
| 2.4.3   | Alumbrado general + localizado .....                                    | 27 |
| 2.4.4   | Alumbrado directo .....   | 27 |
| 2.4.5   | Alumbrado indirecto .....   | 27 |
| 2.4     | LUMINARIAS .....  | 27 |
| 2.5.1   | Tipos de luminarias recomendadas .....                                  | 28 |
| 2.5.1.1 | <i>Distribución fotométrica de la luminaria</i> .....                   | 28 |
| 2.5.1.2 | <i>Rendimiento de las luminarias</i> .....                              | 29 |
| 2.5.1.3 | <i>Grado de protección (IP XXX)</i> .....                               | 30 |
| 2.5.1.4 | <i>Clase eléctrica</i> .....  | 30 |
| 2.5.1.5 | <i>Cumplimiento de la normativa que les aplica</i> .....                | 30 |
| 2.5.1.6 | <i>Tipos de luminarias disponibles</i> .....                            | 30 |
| 2.5.2   | Apantallamiento: .....  | 32 |
| 2.5.3   | Celosías o louver:.....   | 32 |
| 2.5.4   | Filtros .....   | 32 |
| 2.5     | PARAMETROS DE ILUMINACION.....  | 32 |
| 2.6.1   | Iluminación de habitaciones de hospitalización.....                     | 34 |
| 2.6.2   | Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento.....               | 36 |
| 2.6.3   | Iluminación de quirófanos .....   | 37 |
| 2.6.4   | Iluminación de unidades de cuidados intensivos, UCI´s .....             | 39 |
| 2.6.5   | Iluminación de salas de rehabilitación y terapia .....                  | 40 |
| 2.6.6   | Iluminación de áreas de servicios .....                                 | 40 |
| 2.6.7   | Iluminación de servicios de urgencias.....                              | 41 |
| 2.6     | SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL Y EFICIENCIA ENERGETICA.....            | 41 |
| 2.7.1   | Sistema de regulación y control .....                                   | 41 |
| 2.7.2   | Recomendaciones sobre uso de sistemas de regulación y control .....     | 43 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.7.2.2 | <i>Salas de recuperación</i> .....     | 43 |
| 2.7.2.3 | <i>Habitaciones de pacientes</i> ..... | 43 |
| 2.7.2.4 | <i>Aseos públicos</i> .....            | 43 |
| 2.7.3   | Mantenimiento .....                    | 43 |
| 2.7.4   | Eficiencia energética .....            | 44 |
| 2.7.    | NORMAS COVENIN 2249-93 .....           | 45 |

### **CAPITULO III**

|      |   |    |
|------|---|----|
|      | <b>ANALISIS DE ENCUESTAS</b> .....  | 46 |
| 3.1. | ENCUESTAS REALIZADAS EN LAS AREAS DEL CENTRO MATERNO INFANTIL A PROFESIONALES DE LA SALUD ..... | 47 |
| 3.2. | ENCUESTAS REALIZADAS EN AREAS DE SERVICIOS DEL MATERNO INFANTIL AL PERSONAL DE OBRERO.....      | 53 |
| 3.3. | ENCUESTAS REALIZADAS EN LAS INSTALACIONES DEL MATERNO INFANTIL A LOS USUARIOS .....             | 54 |

### **CAPITULO IV**

|      |   |    |
|------|---|----|
|      | <b>ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE LA ILUMINACION</b> .....   | 61 |
| 4.1. | MODULO 1 (EMERGENCIA GINECO-OBSTETRA).....                        | 61 |
| 4.2. | MODULO 2 ( EMERGENCIA PEDIATRICA) .....                           | 64 |
| 4.3. | MODULO 3A ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA).....                      | 66 |
| 4.4. | MODULO 3B ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA).....                      | 67 |
| 4.5. | MODULO 4 (SERVICIOS GENERALES) .....                              | 69 |
| 4.6. | MODULO 5A (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA).....                  | 70 |
| 4.7. | MODULO 5B (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA).....                  | 72 |
| 4.8. | MODULO 6 (CONSULTA EXTERNA).....                                  | 73 |
| 4.9. | DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL..... | 74 |

### **CAPÍTULO V**

|      |   |    |
|------|---|----|
|      | <b>PROPUESTA PARA UNA SOLUCION DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA ILUMINACION</b> ..... | 77 |
| 5.1. | MODULO 1 (EMERGENCIA GINECO-OBSTETRA).....  | 77 |

|   |    |
|---|----|
| 5.2. MODULO 2 (EMERGENCIA PEDRIATICA) .....   | 79 |
| 5.3. MODULO 3A ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA).....   | 81 |
| 5.4. MODULO 3B ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA).....   | 82 |
| 5.5. MODULO 4 (SERVICIOS GENERALES) .....   | 84 |
| 5.6. MODULO 5A (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA).....                                       | 86 |
| 5.7. MODULO 5B (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA).....                                       | 87 |
| 5.8. MODULO 6 (CONSULTA EXTERNA).....   | 88 |
| 5.9. DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO                        | 90 |
| 5.10. CONSUMO ENERGETICO Y ECONOMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL<br>Y PROPUESTO ..... | 90 |
| 5.11. ANALISIS DEL SISTEMA ECONOMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y<br>PROPUESTO ..... | 92 |
| <br>  |    |
| CONCLUSIONES .....  | 95 |
| RECOMENDACIONES .....   | 96 |
| REFERENCIAS .....   | 97 |

## INDICE DE FIGURAS

| <b>Figura</b>  | <b>pp.</b> |
|--|------------|
| 2.1 Espectro electromagnético.....   | 9          |
| 2.2 Distribución del espectro visible.....   | 14         |
| 2.3 Representación aproximada de la temperatura según ciertos colores.....                                 | 15         |
| 2.4. Distribución Fotométrica.....   | 29         |
| 4.1. Hoja de cálculo para los niveles de iluminación de preparto .....                                     | 62         |
| 5.1. Sistema de iluminación propuesta para el área de Preparto .....                                       | 77         |
| 5.2. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....  | 78         |
| 5.3. Sistema de iluminación propuesta para el área de Quirófano.....                                       | 79         |
| 5.4. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....  | 79         |
| 5.5. Sistema de iluminación propuesta para el área de Patológicos .....                                    | 81         |
| 5.6. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....  | 81         |
| 5.7. Sistema de iluminación propuesta para el área de UCI niñas.....                                       | 82         |
| 5.8. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....  | 83         |
| 5.9. Sistema de iluminación propuesta para el área de Rayos X.....   | 84         |
| 5.10. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....   | 85         |
| 5.11. Sistema de iluminación propuesta para el área de Cuartos.....  | 86         |
| 5.12. Representación de las curvas isolíneas en el plano.....  | 86         |
| 5.13. Sistema de iluminación Propuesta para el área de Preparto .....                                      | 87         |
| 5.14. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....   | 87         |
| 5.15. Sistema de iluminación propuesta para el área de Consultorio Odontológico .....                      | 88         |
| 5.16. Representación de las curvas isolíneas en el plano .....   | 89         |
| 5.17. Comparación del consumo energético y costo anual del sistema de iluminación actual y propuesta ..... | 91         |

## INDICE DE TABLAS

| <b>Tabla</b>  | <b>pp.</b> |
|---|------------|
| 2.1. Tonos de luz según su aplicación.....  | 15         |
| 2.2. Rendimiento de color .....   | 16         |
| 2.3. Sensaciones asociadas a los colores .....  | 17         |
| 2.4. Características fotométricas, colorimétricas y de duración de las lámparas estudiadas .... | 24         |
| 2.5. Comparación de las lámparas en función a la bombilla LED .....                             | 25         |
| 2.6. Parámetros recomendados para las habitaciones .....  | 35         |
| 2.7 Parámetros recomendados para salas de reconocimiento y tratamiento .....                    | 37         |
| 2.8 Parámetros recomendados para quirófanos. ....   | 38         |
| 2.9. Parámetros recomendados para la UCI's .....  | 39         |
| 2.10. Parámetros recomendados para la salas de rehabilitación y terapia .....                   | 40         |
| 2.11. Parámetros recomendados para las áreas de servicios .....                                 | 41         |
| 2.12. Valor de la eficiencia energética VEEI .....  | 44         |
| 3.1. Resultado de las encuestas realizada al personal obrero en áreas de servicios .....        | 53         |
| 4.1. Características de la medición de parto .....  | 61         |
| 4.2. Estudio de las demás áreas del módulo 1 (Emergencia gineco-obtetra) .....                  | 63         |
| 4.3. Características de la medición del quirófano .....   | 64         |
| 4.4. Estudio de las demás áreas del módulo 2 (Emergencia pediátrica) .....                      | 65         |
| 4.5. Características de la medición Patológicos .....   | 66         |
| 4.6. Estudio de las demás áreas del módulo 3A (Hospitalización Pediátrica) .....                | 67         |
| 4.7. Características de la medición UCI niñas .....   | 68         |
| 4.8. Estudio de las demás áreas del módulo 3B (Hospitalización Pediátrica) .....                | 69         |
| 4.9. Características de la Sala de Rayos X .....  | 69         |
| 4.10. Estudio de las demás áreas del módulo 4 (Servicios Generales) .....                       | 70         |
| 4.11. Características de los cuartos .....  | 71         |
| 4.12. Estudio de las demás áreas del módulo 5A (Hospitalización gineco-obstetra) .....          | 71         |
| 4.13. Características del pasillo .....   | 72         |

|  |    |
|--|----|
| 4.14. Estudio de las demás áreas del módulo 5B (Hospitalización gineco-obstetra) ..... | 72 |
| 4.15. Características del consultorio odontológico .....                               | 73 |
| 4.16. Estudio de las demás áreas del módulo 6 (Consulta Externa) .....                 | 74 |
| 4.17. Potencia de las luminarias actuales .....  | 75 |
| 4.18. VEEI actual de algunas áreas con la iluminación obtenida .....                   | 75 |
| 5.1. Estudio de las demás áreas del módulo 1 (Emergencia gineco-obstetra) .....        | 78 |
| 5.2. Estudio de las demás áreas del módulo 2 (Emergencia pediátrica) .....             | 80 |
| 5.3. Estudio de las demás áreas del módulo 3A (HospitalizaciónPediátrica) .....        | 82 |
| 5.4. Estudio de las demás áreas del módulo 3B (Hospitalización Pediátrica).....        | 83 |
| 5.5. Estudio de las demás áreas del módulo 4 (Servicios Generales) .....               | 85 |
| 5.6. Estudio de las demás áreas del módulo 5A (Hospitalización gineco-obstetra).....   | 87 |
| 5.7. Estudio de las demás áreas del módulo 5B (Hospitalización ginoco-obstetra).....   | 88 |
| 5.8. Estudio de las demás áreas del módulo 6 (Consulta Externa) .....                  | 89 |
| 5.9. Potencia de las luminarias propuestas con tecnología LED .....                    | 90 |
| 5.10. Estudio energético y económico del sistema de iluminación actual .....           | 91 |
| 5.11. Estudio energético y económico del sistema de iluminación propuesto .....        | 91 |
| 5.12. Presupuesto de Sistema Actual .....  | 93 |
| 5.13. Presupuesto de Sistema Propuesto con tecnología LED .....                        | 93 |

## INDICE DE GRAFICOS

| <b>Gráficas</b>   | <b>pp.</b> |
|---|------------|
| 3.1. Resultados de la pregunta 1 realizada a los profesionales..... | 47         |
| 3.2. Resultados de la pregunta 2 realizada a los profesionales..... | 48         |
| 3.3. Resultados de la pregunta 3 realizada a los profesionales..... | 48         |
| 3.4. Resultados de la pregunta 4 realizada a los profesionales..... | 49         |
| 3.5. Resultados de la pregunta 5 realizada a los profesionales..... | 50         |
| 3.6. Resultados de la pregunta 6 realizada a los profesionales..... | 50         |
| 3.7. Resultados de la pregunta 7 realizada a los profesionales..... | 51         |
| 3.8. Resultados de la pregunta 8 realizada a los profesionales..... | 52         |
| 3.9. Resultados de la pregunta 9 realizada a los profesionales..... | 52         |
| 3.11. Resultados de la pregunta 1 realizada a los usuarios .....    | 54         |
| 3.12. Resultados de la pregunta 2 realizada a los usuarios .....    | 55         |
| 3.13. Resultados de la pregunta 3 realizada a los usuarios .....    | 56         |
| 3.14. Resultados de la pregunta 4 realizada a los usuarios .....    | 56         |
| 3.15. Resultados de la pregunta 5 realizada a los usuarios .....    | 57         |
| 3.16. Resultados de la pregunta 6 realizada a los usuarios .....    | 58         |
| 3.17. Resultados de la pregunta 7 realizada a los usuarios .....    | 58         |
| 3.18. Resultados de la pregunta 8 realizada a los usuarios .....    | 59         |

## INTRODUCCION

El Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado fue inaugurado el 9 de mayo de 2004, desde el comienzo esta estructura de concreto se distribuye en 15.000 m<sup>2</sup> y están conformados por 9 módulos repartidos equitativamente para los departamento gineco-obstetricia y pediatría, 2 quirófanos y uno para pediatría, el área de emergencia está disponible las 24 horas, los espacios administrativos, equipos modernos de informática, un módulo de consultas, sala de juegos infantiles, sala de control de embarazo y parto, unidad de odontología.

Cuenta con los equipos más avanzados en la sala de rayos X, ecosonografía, mamografía, densitometría y laboratorio de bionálisis y banco de sangre. Existen 158 camas que abarcan los módulos de hospitalización, por otra parte se encuentra la unidad de terapia intensiva neonatal, pediátrica y obstetricia, morgue entre otros servicios. En el 2009 atendía a más de 300 pacientes en emergencia, consultas, exámenes intervenciones quirúrgicas y partos.

La luz es una necesidad primordial para el ser humano en el desarrollo de su día a día, por lo tanto la iluminación en los hospitales y demás áreas médicas, es esencial para el bienestar y la salud.

La energía se utiliza a diario y constantemente, pero el agotamiento de los recursos no renovables, el ahorro económico o el cuidado del medio ambiental son algunas de las razones por las que surge el término eficiencia energética.



Este trabajo realizado tiene como objetivo principal una solución de eficiencia energética, así mismo el estudio de la iluminación actual y el diseño de una propuesta que cumpla con lo recomendado en la norma COVENIN.

El avance de la tecnología que se ha desarrollado en los últimos años ha sido un factor primordial para la eficiencia energética como se va reflejar en este trabajo con la evolución de la tecnología LED.

En el capítulo I de este trabajo se hace hincapié sobre el planteamiento del problema del sistema de iluminación de Centro Materno Infantil con la eficiencia energética. En el capítulo II, se desarrolla una serie de conceptos y criterios básicos de iluminación en centros hospitalarios que aportan soluciones a la eficiencia energética y a una buena iluminación.

En el capítulo III se realiza un estudio cualitativo sobre las condiciones en que se encuentra la iluminación de Centro Materno Infantil. En el capítulo IV se presenta un análisis sobre las condiciones actuales en que se encuentra la iluminación

En el capítulo V se plantea una propuesta de solución para la eficiencia energética y que cumpla con los niveles de iluminación.

# **CAPITULO I**

## **PROBLEMATICA ACTUAL**

La luz es una prioridad para realizar todo tipo de trabajo, principalmente en un recinto de salud como lo es el Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado Angarita, el cual se encarga de curar, rehabilitar y atender a una población diaria como lo son madres y recién nacidos que necesitan comodidad y bienestar. En este capítulo se plantea la situación actual que es la falta de iluminación y el excesivo consumo del alumbrado del Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado Angarita, ubicado en la avenida Agustín Codazzi, sector 1° de Diciembre, municipio Barinas Estado Barinas.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La luminosidad es importante para todos los seres vivos y para el hombre en particular es elemental, la luz es fundamental para el bienestar y la salud. El estudio de iluminación a realizar en las áreas del Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado Angarita, se llevará a cabo para determinar: el funcionamiento de la iluminación, si está adecuada para trabajar en las instalaciones, cabe añadir que se dará una propuesta para contribuir con el ahorro energético sustituyendo las lámparas fluorescentes por lámparas LED, ahorrando el 80% de la energía. Al realizar un diagnóstico visual de las instalaciones del Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado, se ha observado que la misma cuenta con áreas donde los niveles de iluminación no son las adecuadas y el personal que elabora allí como: médicos,

enfermeras y obreros al momento de efectuar su trabajo pueden realizarlo de manera incorrecta. Además se observa que el mantenimiento de las luminarias no es realizado frecuentemente, en consecuencia se encuentra en mal estado, deterioradas por el paso del tiempo, vale la pena hacer hincapié que el Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado fue construido hace unos 12 años y el diseño de los alumbrados fue realizado con normas de ese entonces. En el Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado se aprovecha la luz natural en todas las áreas excepto en el quirófano.

## **1.2 JUSTIFICACION**

La buena iluminación, es imprescindible, para que el proceso de intercambio de información pueda llegar a ser efectivo. Algunas actividades pueden realizarse sin el apoyo de la visión o permiten estrategias alternativas, pero, en la mayor parte de los casos el proceso visual es fuente de grandes ventajas para la ejecución de cualquier actividad.

Actualmente, aparece una herramienta muy potente: la eficiencia energética. Es decir, se tiene una mayor preocupación por el consumo eficiente de la energía, con la finalidad de optimizar los procesos productivos y el empleo de los recursos produciendo más con menos energía. En el caso de la iluminación tanto de exteriores como de interiores, se tiene como objetivo iluminar mejor consumiendo menos electricidad. Y de esta manera se reduce costos y se promueve la sostenibilidad económica, política y ambiental. Esto se puede lograr por medio de que la tecnología en el ámbito de la iluminación ha evolucionado de una forma impresionante en los últimos años: Sistemas de iluminación más eficientes, sistemas de control que permiten adaptar las necesidades lumínicas a las demandas en cada momento, permiten reducir de una forma muy importante el consumo energético de las instalaciones sin perjuicio en las prestaciones visuales de las misma.

La iluminación en hospitales, ambulatorios, cruz roja, etc., debe tener como objetivos fundamentales: el garantizar las óptimas condiciones para desarrollar las determinadas actividades clínicas y contribuir en crear un ambiente confortable para el paciente. Sin ignorar en ningún momento, el garantizar una máxima eficiencia energética posible.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.2.1. Generales**

- Analizar los sistemas de alumbrado de las diversas áreas del centro materno infantil.
- Analizar las prestaciones lumínicas, confort, sostenibilidad y economía de los sistemas de alumbrado usados en dichos ambiente.
- Diseñar un nuevo sistema de iluminación, que cumpla con lo estipulado en eficiencia energética en iluminación.

### **1.2.2. Específicos**

- Determinar la eficiencia de dichos sistemas de alumbrado.
- Determinar el confort que dichos sistemas de alumbrado brindan a los usuarios.
- Definir los niveles de prestación necesarios para asegurar, en función de las características distintivas de cada recinto, un nivel de servicio adecuado.
- Determinar si en realidad los actuales sistemas de alumbrados proporcionan las condiciones de confort y calidad.

## **1.4 METODOLOGIA**

La metodología a seguirse en este trabajo es de tipo combinada que integra la recolección de información en campo, el análisis, comprobaciones, aplicaciones prácticas, encuestas, dando como resultado unas recomendaciones de aplicación práctica y que contribuyan a la solución del problema planteado.

## **1.5 ALCANCE**

El propósito de este proyecto consiste en plantear una propuesta para sustituir el sistema de lámparas fluorescentes por lámparas LED, contribuyendo con el ahorro energético del Centro Materno Infantil Dr. Samuel Darío Maldonado Angarita, así como también dar recomendaciones sobre el aprovechamiento de la luz natural en áreas donde pueda ser utilizada.

## **1.6 LIMITACIONES**

En las instalaciones del Centro Materno Infantil Dr Darío Maldonado las limitaciones para el estudio del sistema de iluminación son las siguientes:

- La mayoría de las medidas se realizaron con personal en las áreas, ya que era complicado conseguir las desocupadas y esto influye en las medidas ocasionando sombra.

- En algunas áreas no se logró hacer el estudio debido por su acceso restringido por contaminaciones existentes.
- No se logró sustituir las lámparas faltantes por las de otras áreas para obtener una medición de iluminación a la cual fue diseñada, por lo cual se utilizó la herramienta DIALux 4.2.

# **CAPITULO II**

## **MARCO TEORICO**

En este capítulo se estudiará una serie de conceptos fundamentales en el área de luminotecnia que serán de suma importancia para el conocimiento y la realización de este trabajo.

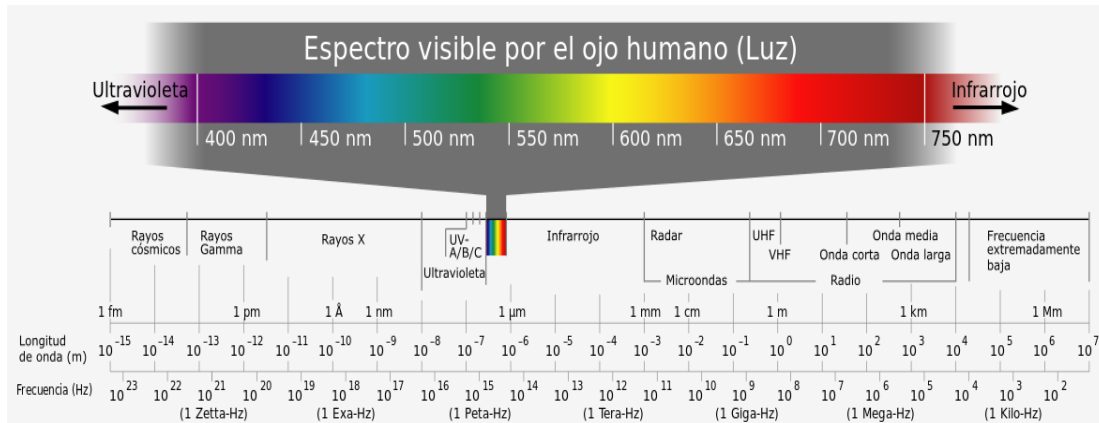
### **2.1 LUZ ,VISION Y COLOR**

#### **2.1.1 Luz**

La luz es un fenómeno de la radiación electromagnética que puede ser percibida por el órgano visual (ojo) en un rango superior e inferior del espectro electromagnético, el cual percibe el tamaño, color, distancia y textura de los objetos y las personas para hacerlas visibles. (Moreno Luz, 2012).

#### **2.1.2 Espectro electromagnético**

El espectro electromagnético de la luz es toda la energía que ella transmite, el ojo humano solo es capaz de ver una porción pequeña el cual se denomina espectro visible que comprende longitudes de onda desde los 380nm a los 780nm ver (Fig. 2.1) (Moreno Luz, 2012).



**Figura 2.1 Espectro electromagnético**

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro\\_electromagn%C3%A9tico](https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico)

### 2.1.3 Control de luz

La mayoría de las fuentes luminosas no actúan por sí mismas para la distribución del flujo luminoso de manera directa y eficiente, de tal manera se hace necesario la utilización de dispositivos que transforme y domine la luz emitida por la fuente luminosa. Esta práctica puede realizarse tomando en cuenta los siguientes fenómenos físicos:

**2.1.3.1 Reflexión:** este fenómeno solo se produce en un medio homogéneo e isotrópico y se basa en que la luz que incide en una superficie se refleja completamente de manera especular, difusa y semidirigida.

**2.1.3.2 Refracción:** la refracción se rige por la ley de Snell, este fenómeno se basa en la variación de la dirección de un rayo de luz a través de un medio homogéneo e isotrópico.



*2.1.3.3 Transmisión:* es semejante a la refracción pero se aplica en cuerpos transparentes o translucidos y ocurre de manera dirigida y difusa.

*2.1.3.4 Absorción:* es la parte de la luz que es absorbida por el medio en el proceso de la refracción y la transmisión.

*2.1.3.5 Difusión:* en este fenómeno se ve la participación de la reflexión, transmisión y absorción que ocurre en el medio.

#### **2.1.4 Visión**

El ojo humano es un órgano sensible muy complejo, que recibe la luz procedente de los objetos, la enfoca sobre la retina formando una imagen y la transforma en información comprensible para el cerebro. En el cerebro se realiza el proceso de reconstruir las distancias, colores, movimientos y forma de los objetos que nos rodean. La existencia de dos ojos permiten una visión panorámica y binocular del mundo circundante y la capacidad del cerebro para combinar ambas imágenes produciendo una visión tridimensional o estereoscópica.

El ojo humano es un órgano de forma casi esférica, con un diámetro de aproximadamente 25mm y está formado por un grupo óptico (la córnea, el iris, la pupila y el cristalino) por un elemento fotorreceptor (la retina) y otros elementos encargados de diversas tareas como protección, transmisión de información nerviosa, alimentación y mantenimiento de la forma.

### **2.1.5 El proceso visual**

A menudo, se compara el funcionamiento del ojo con el de una cámara fotográfica. La pupila actuaría de diafragma, la retina y la película fotográfica cumplen la misma función, la córnea y el lente de la cámara sería el equivalente a acercar o alejar para conseguir un buen enfoque.

En el proceso visual se ve incluido tres elementos primordiales que es la fuente de luz como emisor de energía radiante, el individuo como receptor de dicha energía y como creador y analizador de imágenes y los objetos que actúan como elemento modificador de la energía. Si en un sistema visual falta cualquier de estos elementos, no podrá llevarse a cabo el proceso visual.

### **2.1.6 Capacidad visual**

El ser humano no puede captar lo observado de igual forma ya que son diferentes, debido a las propias limitaciones del sentido visual y la posibilidad de distorsión, ya sea en lo relativo a la forma, color, la dimensión y la perspectiva de lo observado (Moreno Luz, 2012). Entre las capacidades visuales se tienen:

*2.1.6.1 Sensibilidad:* el ojo es capaz de distinguir no solo las formas y detalles, sino también es capaz de distinguir colores. Esta capacidad es debida a la sensibilización de los conos, los cuales son células que permiten distinguir las características cromáticas. La visión diurna en la que actúan conos y bastones se le denomina visión fotópica y la visión nocturna en la cual solo actúan los bastones se le conoce como visión escotópica.

2.1.6.2 *Acomodación:* es la capacidad que tiene el ojo para enfocar automáticamente los objetos situados a diferentes distancias y obtener de esta forma imágenes nítidas en la retina.

2.1.6.3 *Adaptación del ojo:* es la habilidad que tiene el ojo para ajustarse automáticamente a cambios en los niveles de iluminación.

2.1.6.4 *Agudeza visual:* es la capacidad visual que permite distinguir los detalles de los objetos, hasta el punto de poder apreciar dos puntos que forman un ángulo inferior a  $30^\circ$  de arco desde el ojo. Esta capacidad visual está estrechamente relacionada con la densidad de fotorreceptores por unidad de superficie. El valor promedio de la agudeza visual de un hombre adulto es de 1.6 aunque hay que tener presente que esta capacidad varía con la edad, aumentando hasta los 15 años, estabilizándose hasta los 45 y disminuyendo a partir de esa edad.

2.1.6.5 *Visión binocular:* es la habilidad visual que permite una percepción del entorno en tres dimensiones, situar los objetos en el espacio, tener sensación de profundidad, el cálculo de distancia así como determinar el relieve de los objeto.

2.1.6.6 *Campo visual:* es el espacio visual que el ojo puede percibir. Se calcula aproximadamente que en horizontal se tiene un campo visual de  $100^\circ$  a los extremos de visión y  $50^\circ$  en dirección a nuestra nariz. En vertical se tiene un campo visual de  $60^\circ$  hacia arriba y de  $70^\circ$  hacia abajo. Por consiguiente, el ojo derecho tendrá un campo visual individual y el izquierdo otro, que tras el fenómeno de la visión binocular explicado, se forma un campo visual común a la visión de los dos ojo y un campo residual quedará sin ver.

*2.1.6.7 Percepción cromática:* es la capacidad visual que permite no solo distinguir la forma y el movimiento, sino los colores. La característica del tono, la saturación o la claridad, incluso los aspectos psicofísicos, entran en juego con aspectos físicos como la longitud de onda dominante, la pureza y la luminancia.

### **2.1.7 Factores que influyen en la visión**

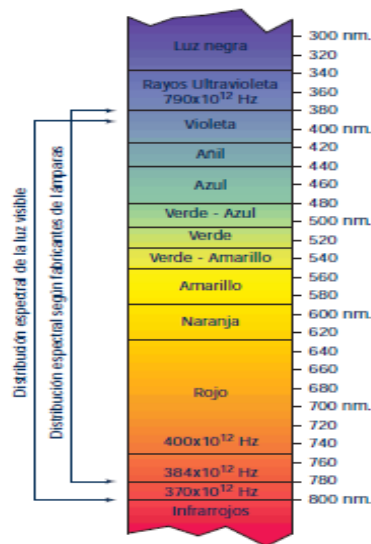
Los factores extremos que influyen en la formación de una buena imagen en la retina pueden ser de dos clases:

- **Subjetivos:** son los factores que dependen del propio individuo, como son salud visual (depende de la edad y del deterioro de la vista), el nivel de atención que se presta al mirar, si esta en reposo o en movimiento o la comodidad visual (depende del nivel de iluminación y deslumbramiento).
- **Objetivos:** son los factores que dependen del objeto visual que se esté mirando, como son, el tamaño, el contraste, la iluminancia y el tiempo.

### **2.1.8 Color**

El color es la sensación que resulta de la impresión que produce la luz en el ojo. Puede captarse de forma indirecta o directa. El color es un fenómeno de tipo subjetivo en el que participa las características psicofisiológica del ser humano pero se acepta que no todos aprecian los colores del mismo modo.

El espectro visible se denomina a la región del espectro electromagnético que el ojo es capaz de percibir. La luz blanca del sol está compuesta por la unión de los colores del arco iris, cada uno con sus correspondiente longitud de onda. Los colores van del violeta (380nm) hasta el rojo (770 nm) y su distribución espectral aproximada se puede observar en la figura 2.2.

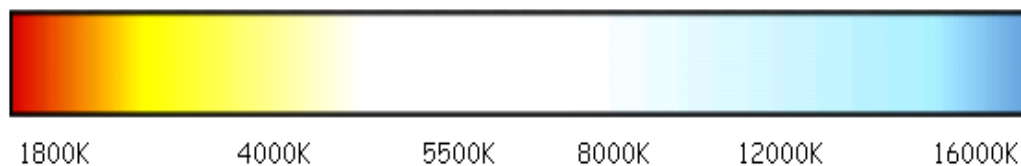


**Figura 2.2 Distribución del espectro visible**

**Fuente:** "Moreno Luz. 2015. Luminotecnia: el arte de la correcta iluminación".

## 2.1.9 Características cromáticas

*2.1.9.1 Temperatura de color:* se define comparando su color dentro del espectro luminoso, con el de la luz que emitiría un cuerpo negro de Planck calentado a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color generalmente se expresa en Kelvin (K), a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura ver (fig. 2.3) (Moreno Luz, 2012).



**Figura 2.3 Representación aproximada de la temperatura según ciertos colores.**

**Fuente: Wikipedia. [http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura\\_de\\_color](http://es.wikipedia.org/wiki/Temperatura_de_color)**

Para las actividades cotidianas es importante una buena reproducción de los colores, en las áreas hospitalarias se incrementan significativamente, ya que pueden ayudar a:

- Realizar diagnósticos más correctos.
- Determinar el estado de las heridas o partes enfermas.
- Predisponer positivamente al enfermo.

Hay que tener una especial atención en la utilización del color en hospitales de tipo psiquiátrico o mental como se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1. Tonos de luz según su aplicación**

**Fuente: "IDEA y CEI.2001. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación en Hospitales y centros de Atención Primaria"**

| <b>Tonos de luz<br/>Temperatura de color</b> | <b>Tipo de actividad o de iluminación</b>  |
|--|--|
| Tonos cálidos < 3000k.                       | Entornos decorados con tonos claros<br>Áreas de descanso.<br>Sala de espera.<br>Zonas con usuarios de avanzada edad.<br>Áreas de esparcimiento.<br>Bajos niveles de iluminación. |
| Tonos neutros 3300-5000 k.                   | Lugares con importante aporte de luz natural.<br>Tareas visuales de requisitos medios.   |
| Tonos fríos > 5000k.                         | Entornos decorados con tono fríos.<br>Altos niveles de iluminación.<br>Para enfatizar la impresión técnica<br>Tareas visuales de alta concentración.                             |

2.1.9.2 *Índice de rendimiento de color (IRC o Ra)*: se define el índice de reproducción cromática como el aspecto que presentan los cuerpos iluminados en comparación con el que presentan bajo una luz de referencia. El índice de reproducción cromática junto con la temperatura de color, son dos de los factores que permiten definir una fuente luminosa blanca.

La evaluación de las propiedades de reproducción cromática que una fuente luminosa se realiza iluminado con un conjunto de 8 colores de muestra establecidos por la norma DIN 6169 (1979), con una luz de referencia y con la luz que se analiza. A menor diferencia, mejor es la reproducción cromática. Una fuente de luz con índice de reproducción  $R_a=100$  muestra todos los colores correctamente. Cuando más bajo es el índice  $R_a$ , peor es su reproducción cromática.

En lo siguiente se indican los valores de IRC típicos según el tipo de fuente luminoso o lámpara.

Según la norma DIN 5035-2 (1979), se divide los distintos niveles de rendimiento de color en 5 categorías ver tabla 2.2:

**Tabla 2.2. Rendimiento de color**

|                         |
|-------------------------|
| 1A $R_a$ desde 100 a 91 |
| 1B $R_a$ desde 90 a 81  |
| 2A $R_a$ desde 80 a 71  |
| 2B $R_a$ desde 70 a 61  |
| 3 $R_a$ menor de 60     |

2.1.9.3 *Efectos psicológicos de la luz:* para crear un efecto psicológico positivo se puede jugar con los colores de la luz y de las superficies y crear un ambiente cálido o frío, dependiendo las necesidades ver tabla 2.3.

**Tabla 2.3. Sensaciones asociadas a los colores**

**Fuente: "Moreno Luz.2005. Luminotecnia: el arte de la correcta iluminación"**

| Colores  | Sensaciones                       |
|----------|-----------------------------------|
| Blanco   | Frialdad, higiene, neutralidad    |
| Amarillo | Actividad, impresión, nerviosismo |
| Verde    | Calma, reposo, naturaleza         |
| Azul     | Frialdad, tranquilidad            |
| Negro    | Inquietud, tensión                |
| Marrón   | Calidez, relajación               |
| Rojo     | Poder, excitación, estimulante    |
| Rosado   | Delicadeza, feminidad             |

## 2.2. FOTOMETRIA

Es la ciencia que se encarga del estudio de la estimulación óptica que logra realizarla radiación electromagnética, es decir, mide la capacidad de la luz para incidir un brillo que estimule al ojo humano (Moreno Luz, 2012).

### 2.2.1 Magnitudes luminosas

2.2.1.1 *Luminotecnia:* es la ciencia que se encarga de estudiar distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación.



2.2.1.2 *Angulo sólido*: Es la zona del espacio limitada por una superficie cónica se representa como una magnitud adimensional y se indica con la letra griega  $w$ . la unidad del ángulo sólido en el sistema internacional (SI) es el estereorradián, cuya abreviatura es sr.

$$w = \frac{S}{r^2} = \text{esterorradian (sr)} \quad (2.1)$$

Dónde:

$w$ = ángulo solido

S= Superficie

r= radio

2.2.1.3 *Flujo luminoso*: es la energía emitida que recibe el ojo humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo. Su símbolo es  $\Phi$  y su unidad de medida en el sistema internacional (SI) es el lumen (lm). A la relación entre watts y lúmenes se le llama equivalente luminoso de la energía y equivale a:

$$1 \text{ watt-luz a } 55 \text{ nm} = 683 \text{ lm}$$

2.2.1.4 *Lumen*: está definido como el flujo luminoso emitido en el ángulo sólido con unidad (estereorradián) por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad luminosa de 1 candela.

2.2.1.5 *Intensidad luminosa*: es la cantidad en el cual se describe la potencia de una fuente o superficie iluminada para emitir luz en una dirección determinada.

$$I = \frac{\Phi}{w} = \text{intensidad luminosa (cd)} \quad (2.2)$$

2.2.1.6 *Una candela*: se define como la intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereorradián.

2.2.1.7 *Lux*: es una unidad derivada, basada en el lumen, un lux equivale a un lumen por metro cuadrado.

2.2.1.8 *Iluminancia*: es el flujo luminoso recibido por una superficie que se encuentra perpendicular a la dirección del flujo luminoso.

$$E = \frac{\Phi}{S} = \text{iluminancia (lux)} \quad (2.3)$$

- El nivel de iluminación debe fijarse en función de:

Tipo de tarea realizar (necesidades de agudeza visual)

Las condiciones ambientales

Duración de la actividad

- Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

Horizontales

Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice local ( $k$ ) y de la obtención de un reparto cuadrulado simétrico.

El cálculo del índice del local es función de:

$$k = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (2.4)$$

Donde;

L=longitud del local.

A= anchura del local.

H=Distancia del plano de trabajo a las luminarias.

El número de puntos mínimo es:

$k < 1 = 4$  puntos

$1 < k < 2 = 9$  puntos

$2 < k < 3 = 16$  puntos

$k > 3 = 25$  puntos

En el plano vertical la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar será función de la actividad a la que este dedicada la superficie y de la obtención de un reparto cuadrulado lo más simétrico posible.

**2.2.1.9 Luminancia:** es la intensidad de luz emitida en una dirección determinada por área proyectada de una superficie luminosa o reflectante. La luminancia mide el brillo tanto de las fuentes luminosas primarias, como de fuentes secundarias, que constituyen los objetos que reflejan la luz.

$$L = \frac{I}{S_{aparente}} = \frac{I}{S \cdot \cos \alpha} = \text{luminancia (cd/m}^2\text{)} \quad (2.5)$$

**2.2.1.10 Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa:** expresa el rendimiento energético de una lámpara y la calidad de su fabricación. No toda la energía eléctrica consumida por una lámpara se transforma en luz visible, parte de esta se pierde en calor y otra en forma de radiación no visible.

$$\varepsilon = \frac{\Phi}{P} = (\text{lumen/watio}) \quad (2.6)$$

Donde P es la potencia total consumida por la fuente.

2.2.1.11 *Factor de mantenimiento*: es el coeficiente que determina el grado de conservación de una instalación de alumbrado.

$$F_m = F_{p1} * F_{dl} * F_t * F_e * F_c \quad (2.7)$$

2.2.1.12 *Curva polares*: estos gráficos se utilizan para expresar como se distribuye las intensidades luminosas que emite una luminaria en un plano determinado. Estos gráficos son los que se usan más habituales en luminotecnia.

2.2.1.13 *Curva isolux*: este tipo de curvas son muy útiles, ya que ofrecen información acerca de la cantidad de luz recibida en cada punto de la superficie de trabajo.

2.2.1.14 *Equipo para mediciones*: se mencionan dos principales equipos:

- *Luxómetro*: es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminación real de un ambiente (Moreno Luz, 2012).
- *RGB Ambient light Sensors*: el sensor de luz de un teléfono es lo que mide cuan brillante es la luz ambiente, un hecho interesante es que los teléfonos Samsung galaxy de gama alta utilizan un sensor de luz avanzado que puede medir la luz blanca, roja, verde y azul independientemente.

## 2.2 FUENTES DE LUZ

### 2.3.1 Lámparas incandescentes

Su principio de funcionamiento es simple, se pasa una corriente eléctrica por un filamento metálico (wolframio) hasta que este alcanza una temperatura tan alta que emite radiaciones visibles por el ojo humano. Tienen un bajo costo inicial pero posee una corta vida de

funcionamiento su apariencia de color es blanco cálido, su temperatura de color es 2600 K, una reproducción de color de Ra 100 y una vida útil de 1000 h. Su principal desventaja es que el 90% de la energía se transforma en calor. Poseen una eficacia luminosa va desde los 10 a 20 Lm/w (Moreno Luz, 2012).

### **2.3.2 Lámparas incandescentes con halogenuros**

Poseen el mismo funcionamiento que las lámparas incandescentes pero perfeccionadas, en las cuales se han tomado medidas especiales para contrarrestar la evaporación de partículas de wolframio del filamento y su posterior condensación sobre la ampolla, ocasionando el ennegrecimiento de la ampolla. Mantienen una reproducción de color de Ra 100, una mayor temperatura de color de 2900 K y una vida útil de 2000 a 6000 h. Poseen una eficacia luminosa de 22 Lm/w.

### **2.3.3 Lámparas fluorescentes–Vapor de mercurio de baja presión**

Su principio de funcionamiento requiere un balasto, que es una reactancia externa a la lámpara, que controla la intensidad que circula por ella. Las lámparas fluorescentes pertenecen al grupo de lámparas de descargas en gases a baja presión.

Está compuesta por un bulbo o tubo de descarga con vapor de mercurio, el cual esta internamente recubierto de polvos fluorescentes, que sirve para la conversión de las radiaciones UV en radiaciones visibles, un par de electrodos sellados herméticamente en los extremos del tubo y los casquillos que proporcionan la adecuada conexión eléctrica a la fuente de suministro de energía. Su forma generalmente es tubular y recto, su diámetro varía entre

aproximadamente 12mm, denominados T4, pasando por T5, T8, T10, T12 y los 54mm, denominados T17. Su longitud varía entre 100 mm y 2.440 mm.

Las lámparas fluorescente se designan según su forma: tubular (T), circular (C) y en forma de u (U). Su principal desventaja es su contenido de mercurio que es peligroso y contaminante del medio ambiente y perjudicial para el ser humano. Su temperatura de color puede variar desde blanco cálido 3000 K hasta luz de día 6500 K. Poseen una eficacia luminosa que va de 55 a 83 Lm/w.

#### **2.3.4 Lámparas fluorescentes compactas**

Son una evolución de las lámparas fluorescentes convencionales, con la característica de su reducido tamaño, generalmente son lámparas de menor diámetro, de extremo único, de dos, cuatro o seis tubos paralelos, formadas por bulbos en forma de U conector por pequeños tubos en sus extremos. Las tonalidades emitidas pueden variar desde el blanco cálido 3000 K hasta la luz de día 6500 K. Poseen una eficacia luminosa de 80 Lm/w.

#### **2.3.5 Lámparas LED (*Ligth Emitting Diode o Diodo Emisor de Luz*)**

Es un dispositivo semiconductor que opera como un diodo común, emitiendo luz de espectro reducido, cuando se polariza de forma directa la unión PN, circulando por él una corriente eléctrica. Los LED habían sido limitado su uso por su baja potencia lumínica y por el bajo rango de gama de colores, generalmente se pueden apreciar los LED en muchos equipos de usos cotidianos, como radios, televisores, teléfonos celulares y display de relojes digitales (Moreno Luz, 2012).

Los LED generalmente se alimentan de 24V de corriente continua, por esta razón requieren de un equipo de transformación o también denominado driver. Este controla el flujo de corriente y maneja la potencia y adapta el voltaje de salida a las necesidades del LED, además del driver también requiere un disipador para mantener su temperatura de funcionamiento controlada. Los LEDs tienen una respuesta de funcionamiento mucho más rápido que la lámpara halógena y fluorescente, del orden de algunos microsegundos.

Un LED no incluye filamento como las incandescentes, ni electrodos como las de descarga. La desventaja de las lámparas LED, es que su ángulo de visibilidad está entre los 30° y 60°. Este problema se corrige usando cubiertas con difusores de luz.

**Tabla 2.4. Características fotométricas, colorimétricas y de duración de las lámparas estudiadas**

| Lámparas                               | Potencia (W) | Temperatura de color (K) | Eficacia (lm/w) | Índice de rendimiento de color (Ra) | Vida útil (h) | Tiempo de encendido (min) |
|--|--------------|--------------------------|-----------------|-------------------------------------|---------------|---------------------------|
| Incandescente                          | 100          | 2700                     | 15              | 100                                 | 1000          | 0                         |
| Incandescente con halógenos lineal     | 300          | 2950                     | 18              | 100                                 | 2000          | 0                         |
| Fluorescente lineal T5 alta frecuencia | 28           | 3000-4100                | 104             | 85                                  | 12000         | 0                         |
| Fluorescente lineal T8 alta frecuencia | 32           | 3000-4100                | 75              | 85                                  | 12000         | 0                         |
| LED                                    | 3-200        | 2700-6500                | 60-115          | >70                                 | >25000        | 0                         |

### 2.2.6 Tipos de lámparas recomendados

Los tipos de lámparas recomendadas para la iluminación de hospitales y centro de asistencia primaria son:

- Fluorescente tubulares lineales (T8) de 26 mm de diámetro.
- Fluorescente tubulares lineales (T5) de 16 mm de diámetro.
- Fluorescente compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).
- Fluorescente compactos (TC).
- Fluorescente compactos de tubo largo (TC-L).
- Lámparas incandescentes halógenas.
- Lámparas de inducción electromagnéticas.
- Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).
- LED.

**Tabla 2.5. Comparación de las lámparas en función a la bombilla LED**

| <b>Bombilla LED</b> | <b>Equivalente a</b>          | <b>Lúmenes</b> |
|---------------------|-------------------------------|----------------|
| De 7w               | Halógena de 60w               | 510-640        |
| De 7w               | Incandescente de 60w          | 510-640        |
| De 20w              | Fluorescente de 44w           | 1200-1900      |
| De 20w              | Bajo consumo de 60w           | 1200-1900      |
| De 20w              | Halogenuros metálicos de 120w | 1200-1900      |
| De 50w              | Vapor de sodio de 100w        | 2440-4500      |

### **2.3 SISTEMA DE ILUMINACION**

Los sistemas de alumbrado que se emplean en hospitales y centros de asistencia primaria son:



### **2.4.1 Alumbrado general**

Se designan así al alumbrado de un espacio en el que no se tiene en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados (IDAE, 2001). Se utilizaran en lugares precisos como:

- Unidades de hospitalización.
- Quirófanos y salas de reconocimiento.
- Salas de parto y de autopsia.
- Oficina y zonas administrativas.
- Áreas de descanso y espera. Sala de visitas.
- Salas de terapia y rehabilitación.
- Pasillos, halls, vestíbulos.

### **2.4.2 Alumbrado localizado**

Se utiliza para una tarea especificada, adicional al alumbrado general y controlado independientemente se utilizara en lugares precisos como:

- Quirófanos y urgencias
- Salas de cura y salas de partos
- Zonas de diagnóstico e inspección visual.
- Unidades de hospitalización.
- Luz de reconocimiento, de inspección o de vigilia.

### **2.4.3 Alumbrado general + localizado**

Es el alumbrado efectivo de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.

### **2.4.4 Alumbrado directo**

Es obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que, al menos el 90% del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado.

### **2.4.5 Alumbrado indirecto**

Es obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que, como máximo el 10% del flujo luminoso emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo dicho plano ilimitado. En instalaciones determinadas se requieren sistemas de iluminación indirecta que garantice una mejora en el confort visual, esta mejora viene proporcionada por la reducción de posibilidades de deslumbramiento directo. Hay que señalar que este sistema de alumbrado es el menor de eficiencia energética.

## **2.4 LUMINARIAS**

Las luminarias según la CIE, comisión Internacional de Iluminación (1986), se definen como el dispositivo que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más lámparas, que






incluye todos los componentes necesarios para fijarla y protegerlas y, donde corresponda, los equipos auxiliares, así como los medios necesarios para la conexión eléctrica de iluminación. Para cumplir con estos objetivos, una luminaria debe proporcionar las siguientes funciones:

- Distribuir adecuadamente la luz en el espacio.
- Evitar toda posible molestia provocada por deslumbramiento o brillo excesivo.
- Satisfacer las necesidades estéticas y de ambientación del espacio al que están destinadas.
- Proporcionar un óptimo rendimiento energético, aprovechando la mayor cantidad de flujo luminoso entregado por las lámparas.
- Proteger la lámpara y componentes internos contra vandalismo.

### **2.5.1 Tipos de luminarias recomendadas**

Según la guía técnica de eficiencia energética en iluminación las luminarias a utilizar en los hospitales y centros de asistencia primaria se pueden analizar por características de montaje, eléctricas o por condiciones operativas, pero siempre cumpliendo lo establecido en la norma UNE-EN 60598, que define como luminaria al aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas, (excluyendo las propias lámparas) y, en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación. Para las luminarias a instalar en cada zona se considera los aspectos siguientes:

*2.5.1.1 Distribución fotométrica de la luminaria:* depende del tipo de fuente de luz y del componente óptico que incorpore como: celosía, reflectores, lentes, diafragmas, pantallas, etc. En la siguiente figura 2.4 se da una recomendación del tipo de aplicación para cada distribución.

| Tipo de distribución | Aplicación   |
|----------------------|--|
| Difusa               |  Iluminación general y decorativa         |
| Extensiva            |  Iluminación general                      |
| Intensiva            |  Iluminación general para grandes alturas |
| Asimétrica           |  Iluminación perimetral                   |
| Intensiva orientable |  Iluminación de acento y decorativa       |

**Figura 2.4. Distribución Fotométrica**

**Fuente: "IDEA y CEI. 2001. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación en Hospitales y centros de Atención Primaria"**

Del punto de vista fotométrico la luminaria será la adecuada para el tipo de actividad a ejecutar. De acuerdo a la clasificación C.I.E. de porcentaje de flujo en el hemisferio superior e inferior de la horizontal, se tienen las siguientes clases de luminarias:

- Directa: hemisferio superior del 0-10%, hemisferio inferior 90-100%
- Semi-directa: hemisferio superior del 10-40%, hemisferio inferior 60-90%
- Directa-indirecta/ general difusa: hemisferio superior del 50-60%, hemisferio inferior 40-60%
- Semi-directa: hemisferio superior del 60-90%, hemisferio inferior 10-40%.
- Indirecta: hemisferio superior del 90-100%, hemisferio inferior 0-10%.

*2.5.1.2 Rendimiento de las luminarias:* en el criterio fundamental será seleccionar el modelo de luminaria que tenga el excelente rendimiento, para la distribución fotométrica deseada. Esta información se obtiene de los diagramas polares de distribución de intensidades luminosas que dan los fabricantes. Por las características de montaje que se presentan en los edificios de hospitales y centro de asistencia primaria, se pueden utilizar las siguientes luminarias.

- Empotradas.
- Suspendidas.
- Adosadas a techo.
- Adosadas a pared.
- De carril.
- De pie.

*2.5.1.3 Grado de protección (IP XXX):* las luminarias de alumbrado general en habitaciones, sala de espera, pasillos, vestíbulos, etc., no necesitan de un grado de estanquidad elevado, al tratarse de luminarias abiertas. Solamente las luminarias destinadas a instalaciones específicas, tales como quirófanos, laboratorios, UCI's, dispensarios de farmacias y cocinas, exigirán un grado de estanquidad determinado.

*2.5.1.4 Clase eléctrica:* se utilizarán luminarias como mínimo de clase I, según **EN 60598**.

*2.5.1.5 Cumplimiento de la normativa que les aplica:* por las condiciones operativas, las luminarias cumplirán lo demandado por la legislación vigente para cada área o dependencia.

*2.5.1.6 Tipos de luminarias disponibles:* se tienen las siguientes:

- Luminarias suspendidas directas e indirectas con celosías especulares y lámparas fluorescente lineales o compacta. Iluminación general de salas con pantalla de ordenador o televisión.

- Unidades de cabecero de cama con luz directa e indirecta lámparas fluorescente lineales o compactas. Incorporan otros tipos de servicios. Para las unidades de hospitalización.
- Luminarias de empotrar con celosías especulares y lámparas fluorescente lineales o compactas. Iluminación de salas con pantallas de ordenador o televisión, como salas de tratamientos y reconocimiento y áreas administrativas y de admisión.
- Sistemas tubulares con lámparas fluorescentes lineales. Para la iluminación de zonas de entrada e información
- Bañadores empotrados de pared con lámparas fluorescentes compactas. Iluminación de paneles informativos, oficinas y pasillos.
- Regletas adosadas o suspendidas, o en carril, para lámparas fluorescentes lineales, y con reflector y celosía para limitar el deslumbramiento. Almacenes, salas de máquinas, áreas de servicio técnicos y lavanderías.
- Luminarias estancas para lámparas fluorescentes lineales con alto grado de protección. Iluminación de almacenes, cocinas y lavanderías.
- Luminarias de empotrar con grado de protección, cierre prismático y lámparas fluorescentes lineales o compactas. Iluminación de laboratorios farmacéuticos, dispensarios, etc.
- Luminarias de emergencia y señalización con lámparas fluorescentes compactas y baterías.
- Luminarias para ambientes estériles con alto grado de protección, IP 65, resistentes a los ataques químicos y equipados con lámparas fluorescentes. Para laboratorios y quirófanos.
- Downlights de empotrar para lámparas fluorescentes compactas o de descarga de halogenuros metálicos. Para zonas representativas como áreas de entrada, cafeterías, zona de admisión y habitaciones de pacientes.

### **2.5.2 Apantallamiento:**

Se usa para evitar el deslumbramiento, ocultando la lámpara, o lámparas, de la visión directa, esta puede estar incluida en el diseño de la luminaria o puede conseguirse mediante dispositivos anexos.

### **2.5.3 Celosías o louver:**

Tienen el propósito de apantallar, limitando la emisión de iluminación en ángulos laterales adecuados, modificando de esta manera la distribución luminosa de las luminarias.

### **2.5.4 Filtros**

Son usados cuando se requiere lograr efectos de color o cuando es necesario limitar la radiación UV o IR, por ejemplo en la iluminación de exhibición y decorativo, se puede recurrir a filtros de diferentes tipos.

## **2.5 PARAMETROS DE ILUMINACION**

El proyectista de iluminación, gracias a las nuevas técnicas y equipos de iluminación, más eficaces, tiene el compromiso de cumplir con los requerimientos de confort para el paciente y de beneficio para el profesional, así como la reducción de los costos energéticos (IDAE, 2001).

Las actividades en el ámbito hospitalario, se puede clasificar según el nivel de percepción que se requiere para realizar la tarea o función específica en:

- Espacios con actividad visual elevada: incluidas en estas actividades se encuentran los quirófanos, laboratorios, salas de rehabilitación y terapia, salas de reconocimiento y tratamiento, UCI's, servicios de urgencias, salas de rayo X, salas de medicina nuclear, sala de radioterapia y salas de consultas externas.
- Espacios con actividad visual normal: en estas actividades se puede incluir las unidades de hospitalización, farmacia, oficina y despachos.
- Espacios con actividad visual baja: en estas actividades se puede incluir los vestíbulos, pasillos, escaleras, comedores, cafeterías, servicios, almacenes, zonas de espera y de paso.

También se pueden clasificar los ambientes hospitalarios según su tiempo de uso, de esta manera se tiene:

- Zona de máximo uso, 24 horas a los días los 365 días al año: entre estos ambientes se tienen las urgencias, unidades de hospitalización, salas de máquinas, cocina, ascensores, vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, farmacia, UCI's (aunque estas dos últimas pueden cerrarse parcialmente).
- Zonas de uso elevado: entre estas zonas se tienen los quirófanos, laboratorios, esterilización, rayos X y diálisis.
- Zona de menor uso, de 8 a 12 horas al día: entre estas zonas se tienen consultas externas, oficinas, medicina nuclear, radioterapia, almacenes y archivos.



### 2.6.1 Iluminación de habitaciones de hospitalización

Los pacientes de los hospitales pasan la mayor parte de su tiempo en sus unidades o habitaciones de hospitalización. Así el aspecto estético y el psicológico de éstas tienen mucha importancia (IDEA, 2001). La recuperación es más rápida cuando este entorno es más atractivo y confortable.

Los parámetros de iluminación recomendados son:

- Las luminarias deben ser de estética y/o doméstica.
- Fuentes de luz con temperaturas de color cálidas.
- Iluminación indirecta de paredes y techo para evitar contrastes con la luz natural.
- Luz natural y su aprovechamiento con sistemas de regulación.
- No colocar nunca lámparas desnudas en el techo.
- Rendimiento de color de las lámparas 1A o 1B.

Para determinar el confort de los pacientes hay que tener en cuenta los siguientes cuatro factores:

- Las luminarias de las paredes y techo: estas deberían ser al menos de 30 cd/m<sup>2</sup> para crear un ambiente luminoso y espacioso. Esto se consigue con 200 lux para la mayoría de las superficies. Se debe prestar atención a la luminancia del techo, debido a que los pacientes miran normalmente a él.
- La apariencia de las luminarias: esta ayuda a crear ese ambiente casi hogareño que contribuye al bienestar del paciente.
- Presencia de objetos brillantes en el campo de visión: la presencia de luminarias con fuentes de luz no apantalladas aumenta la fatiga visual y estrés.

- Control por el paciente de la iluminación de su cama. La iluminación de cabecero de cama para lectura debe ser regulable de forma accesible para el paciente. Un mínimo de 300 lux es recomendado para la lectura.

Para la iluminación de los facultativos se tienen dos factores principales:

- Iluminación adicional para el reconocimiento y tratamiento: puede ser provista por las luminarias de cabecero de cama o por luminarias portátiles.
- Iluminación de vigilia durante la noche: se debe garantizar el movimiento de los facultativos durante la noche y el mantenimiento del paciente en observación, se recomienda un nivel de 5 lux en la habitación.

**Tabla 2.6. Parámetros recomendados para las habitaciones**

| <b>Tipo de estancia o actividad</b> | <b>Tipo de iluminación o actividad</b> | <b>Iluminación media Em (lux) COVENIN</b> | <b>Tono de luz</b> | <b>Grupo de rendimiento de color</b> |
|-------------------------------------|--|---|--------------------|--------------------------------------|
| Zona de la cama                     | Iluminación general                    | 100                                       | Cálido             | 1B                                   |
|                                     | Iluminación de lectura                 | 300                                       | Cálido             | 1B                                   |
|                                     | Iluminación de reconocimiento          | 800-1000                                  | Cálido             | 1B                                   |
|                                     | Iluminación de vigilancia              | 5   | Cálido             | 1B                                   |
|                                     | Iluminación nocturna                   |   | Cálido             | 1B                                   |
| Servicios                           | Servicios                              | 200                                       | Neutro             | 2A                                   |

### 2.6.2 Iluminación de salas de reconocimiento y tratamiento

En este tipo de salas los requisitos del paciente son secundarios, lo que hay que priorizar es la tarea de los facultativos. Los requerimientos principales para la tarea visual son:

- Nivel de iluminancia adecuado, debe tener alto grado de estanqueidad para evitar contaminaciones de la sala y facilitar su mantenimiento. El nivel de iluminación depende de los requisitos de la tarea visual del tratamiento. Si la sala se requiere varios tipos de tratamientos, la iluminación debe poseer un sistema de control de regulación, de tal manera de lograr satisfacer cada una de las actividades a ejecutar.
- Evitar las sombras, para garantizar que el facultativo no pierda ningún detalle visual y los deslumbramientos reflejados en pantallas de computador o TV.
- Alto nivel de reproducción cromática de las fuentes de luz, es imprescindible en tareas como dermatología, o la oftalmología esto se consigue luminarias portátiles para la iluminación localizada equipada con lámparas fluorescentes compactas o LED y un sistema de control de regulación. Una elección inadecuada de las lámparas pueden causar un fallo en un diagnóstico o en un tratamiento.
- El tono de luz de las lámparas recomendados como norma general. Son los tonos de luz día y blanco neutro. No obstante, existen tareas concretas que recomiendan un determinado tono de luz, como azul para la odontología y amarillo para los quirófanos.

**Tabla 2.7 Parámetros recomendados para salas de reconocimiento y tratamiento**

| Tipo de estancia                                 | Tipo de iluminación o actividad | Iluminación media Em (lux) COVENIN | Tono de luz    | Grupo de rendimiento de color |
|--|---------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Salas de tratamiento y reconocimiento en general | Iluminación general             | 500                                | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Luz de reconocimiento           | >1000                              | Cálido, neutro | 1B                            |
| Endoscopia                                       | Preparación                     | 500                                | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Urología                        | 50                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Rectoscopia                     | 50                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Ginecología                     | 50                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
| Oftalmología                                     | Iluminación general             | 500                                | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Refractometría                  | 50                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Oftalmometría                   | 50                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Perimetría                      | 5                                  | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Adoptometría                    | 5                                  | Cálido, neutro | 1B                            |
| Radiología                                       | Iluminación general             | 500                                | Cálido, neutro | 1B                            |
|  | Trabajo con pantallas           | 20                                 | Cálido, neutro | 1B                            |
| Odontología                                      | Iluminación general             | 500                                | Frío           | 1A                            |
|  | Iluminación de boca             | >8000                              | Frío           | 1A                            |
|  | Iluminación de alrededores      | 1000                               | Cálido, neutro | 1A                            |
| Dermatología                                     | Iluminación general             | 500                                | Cálido, neutro | 1A                            |

### 2.6.3 Iluminación de quirófanos

Los instantes más críticos del trabajo de los facultativos se dan en los quirófanos, por lo que se tienen que garantizar las condiciones óptimas para el desarrollo de esta tarea visual tan crítica. Los parámetros de iluminación recomendados son:

- Se requieren luminarias especiales en las mesas de operaciones que puedan proveer hasta 100.000 lux. Para evitar problemas de adaptación, se debe asegurar unos niveles de

iluminación de 2.000 lux en los alrededores de la mesa de operación y de 1.000 lux en el resto de la sala.

- La temperatura color debe estar entre los 4.000 y 5.000 K y el nivel de reproducción debe ser superior a 90.
- La eficacia luminosa en el área alumbrada no debe exceder de 170 lm/W para asegurar una irradiancia máxima de 600 W/m<sup>2</sup> para una iluminancia de 100.000 lux, de tal manera de no exponer los tejidos del paciente a nivel excesivos de calor.
- En caso de fallo de una lámpara, la iluminancia no debe reducir a más del 50% de su valor normal.
- Las luminarias usadas en la iluminación general, deben tener baja luminancia para evitar reflejos en los monitores, estas son aquellas que poseen una luminancia menos de 200 cd/m<sup>2</sup>, para ángulos mayores de 60°.
- En las salas anexas al quirófano (sala de recuperación, anestesia o de esterilización) se deben tener al menos 500 lux, para evitar problemas de adaptación.

**Tabla 2.8 Parámetros recomendados para quirófanos.**

| Tipo de estancia | Tipo de iluminación o actividad | Iluminancia media Em (lux) COVENIN | Tono de luz | Grupo de rendimiento de color |
|------------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------|-------------------------------|
| Quirófanos       | Iluminación general             | 1000                               | Neutro      | 1A                            |
|                  | Iluminación zona operación      | 20000 a 100000                     | Neutro      | 1A                            |
|                  | Iluminación alrededores         | 2000                               | Neutro      | 1A                            |
| Salas anexas     | Iluminación general             | 500                                | Neutro      | 1B                            |
|                  | Lavabos                         | 500                                | Neutro      | 1B                            |
|                  | Salas de preparación            | 500                                | Neutro      | 1B                            |
|                  | Salas de instrumental           | 500                                | Neutro      | 1B                            |
|                  | Salas de recuperación           | 500                                | Neutro      | 1B                            |
|                  | Salas de esterilización         | 500                                | Neutro      | 1B                            |

### 2.6.4 Iluminación de unidades de cuidados intensivos, UCI's

En estas áreas la máxima prioridad debe ser optimizar el trabajo de los facultativos, los parámetros de iluminación recomendados son:

- La iluminación general del confort en toda la sala debe estar alrededor de 100 lux.
- En las zonas de cama, se recomienda 200 lux para examinar al paciente en condiciones normales. Este nivel debe poder incrementarse hasta 1000 lux para exámenes más rigurosos incluyendo iluminación localizada.
- Para situaciones de emergencia, se requieren al menos de 2000 lux en la superficie de la cama, que se pueden conseguir con la iluminación adicional localizada mediante una iluminación general secundaria a utilizar en casos de emergencia.

**Tabla 2.9. Parámetros recomendados para la UCI's**

| <b>Tipo de estancia</b>     | <b>Tipo de iluminación o actividad</b>        | <b>Iluminancia media Em (lux) COVENIN</b> | <b>Tono de luz</b> | <b>Grupo de rendimiento de color</b> |
|-----------------------------|---|---|--------------------|--------------------------------------|
| Sala de cuidados intensivos | Iluminación general                           | 100                                       | Cálido, neutro     | 1B                                   |
|                             | Iluminación cama                              | 300                                       | Cálido, neutro     | 1B                                   |
|                             | Iluminación de reconocimiento                 | 1000                                      | Cálido, neutro     | 1B                                   |
|                             | Iluminación de reconocimiento para emergencia | 2000                                      | Cálido, neutro     | 1B                                   |
|                             | Iluminación de vigilancia                     | 20  | Cálido, neutro     | 1B                                   |
| Salas de diálisis           | Iluminación general                           | 100                                       | Neutro             | 1B                                   |
|                             | Iluminación cama                              | 500                                       | Neutro             | 1B                                   |

### 2.6.5 Iluminación de salas de rehabilitación y terapia

Una buena iluminación de estas áreas contribuye a una mayor motivación y ayuda para que los pacientes realicen sus ejercicios de rehabilitación (IDAE, 2001). Los parámetros de iluminación recomendados son:

- Se recomienda un nivel medio de iluminación alrededor de los 300 lux.
- Los tonos de color de las lámparas deben ser neutros y el rendimiento de color del grupo 1B, si la habitación no tiene ventanas, el tono de color recomendado es blanco cálido.
- Las lámparas recomendadas por su economía es la fluorescente o LED.

**Tabla 2.10. Parámetros recomendados para la salas de rehabilitación y terapia**

| Tipo estancia                             | Tipo de iluminación o actividad | Iluminación media Em (lux) COVENIN | Tono de luz    | Grupo de rendimiento de color |
|---|---------------------------------|------------------------------------|----------------|-------------------------------|
| Salas de terapia                          | Iluminación general             | 300                                | Cálido, neutro | 1B                            |
| Baños medicinales, fisioterapias y masaje | Iluminación general             | 100                                | Cálido, neutro | 1B                            |

### 2.6.6 Iluminación de áreas de servicios

Los parámetros de iluminación recomendados son:

- Los laboratorios y dispensarios requieren de un nivel de 500 lux y reproducción de color del grupo 1B. Las estanterías deben estar bien iluminadas.
- Las cocinas y lavanderías es necesario un nivel mínimo de 200 lux.
- En oficinas se requieren de 500 lux, limitando el deslumbramiento con luminarias de baja luminancia para evitar reflejos en las pantallas de computadores, estas son aquellas que poseen una luminancia menor a  $200 \text{ cd/m}^2$ , para ángulos mayores de  $60^\circ$ . Tonos de colores neutros y reproducciones cromáticas del grupo 1B.

**Tabla 2.11. Parámetros recomendados para las áreas de servicios**

| <b>Tipo de estancia</b>     | <b>Tipo de iluminación o actividad</b> | <b>Illuminancia media Em (lux) COVENIN</b> | <b>Tono de luz</b> | <b>Grupo de rendimiento de color</b> |
|-----------------------------|--|--|--------------------|--------------------------------------|
| Laboratorios y dispensarios | Iluminación general                    | 500  | Cálido, neutro     | 1B                                   |
|                             | Con comprobación de colores            | 1000                                       | Frio               | 1A                                   |
| Pasillos                    | Áreas de cama                          | De noche 50 día 500                        | Cálido, neutro     | 2A                                   |
|                             | Zona de quirófanos                     | De noche 100 día 300                       | Neutro             | 2A                                   |
| Oficinas                    | Iluminación general                    | 500  | Neutro             | 1B                                   |

### **2.6.7 Iluminación de servicios de urgencias**

El principal factor en la iluminación de servicios de urgencia es facilitar la adaptación visual gradual de los pacientes y personal de urgencias, entre la iluminación exterior (aproximadamente 50 lux) y la entrada al edificio (aproximadamente 200 lux).

## **2.6 SISTEMA DE REGULACION Y CONTROL Y EFICIENCIA ENERGETICA**

### **2.7.1 Sistema de regulación y control**

Según un estudio suizo, los hospitales son los edificios que más energía consumen. En estos momentos existe una demanda de ahorro de energía en todos los servicios, y más aún en iluminación, que consume entre un 20 y un 30% de todo el consumo de un hospital.



La implementación de sistemas de control reduce los costos energéticos y de mantenimiento de la instalación, e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación. Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las luminarias durante diferentes periodos de actividad, o según el tipo de actividad a desarrollar (Moreno Luz, 2012).

Se dispone de 4 tipos fundamentales:

- Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas.
- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

Estos sistemas apagan, enciende y regulan según detectores de movimiento y presencia, células de nivel por la luz natural o calendarios y horarios preestablecido. La utilización de estas técnicas es muy aconsejable y supone ahorros en energía muy importante de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación. Un control de alumbrado bien concebido, puede ahorrar energía en dos sentidos:

- Haciendo buen uso de la luz natural, para reducir los niveles de la luz artificial cuando sea posible.
- Apagando el alumbrado artificial cuando el espacio a iluminar no esté ocupado.

## **2.7.2 Recomendaciones sobre uso de sistemas de regulación y control en diferente zonas**

*2.7.2.1 Zonas comunes:* en zonas comunes como pasillos, escaleras, salas de espera, los requerimientos de iluminación varían durante el día, dependiendo de las cantidad de público:

- 100% de iluminación en horas de visitas.
- 50% de iluminación fuera de hora de visita durante la noche.
- 30 % de iluminación cuando es suficiente la luz natural.
- Ahorros de entre un 35% y un 65% pueden conseguirse.

*2.7.2.2 Salas de recuperación:* es estas salas, la iluminación al 100% es solo necesaria en emergencias, o durante la limpieza. El enfermo prefiere una luz muy tenue con la que pueda descansar, confort y ahorros hasta un 60% se pueden obtener.

*2.7.2.3 Habitaciones de pacientes:* como la iluminación al 100% solo es necesaria durante el tratamiento, reconocimientos y tiempo de visita, un sistema de regulación combinado con el aprovechamiento de la luz natural, aporta confort y control al paciente, y se logran ahorros entre el 50 a 80% de la energía.

*2.7.2.4 Aseos públicos:* son zonas con una ocupación muy intermitente por lo que el ajuste del tiempo real de ocupación con el real de encendido puede suponer ahorros superiores al 60%.

## **2.7.3 Mantenimiento**

Con el paso del tiempo, la suciedad que se va depositando sobre las ventanas, luminarias y superficies que componen las salas, unido a la disminución de flujo luminoso que

experimentan las lámparas a lo largo del tiempo, hace que el nivel inicial de iluminación que se disfrutaba en ella, descienda sensiblemente.

#### 2.7.4 Eficiencia energética

El valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI), es una exigencia que se aplica con el objetivo de mejorar la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, y de esta manera asegurar que la instalación funciona de una manera óptima consumiendo el mínimo de energía (Moreno Luz, 2012).

La eficiencia energética de una instalación de iluminación de una zona, se determinara mediante el valor de eficiencia energética de la instalación VEEI ( $W/m^2$ ) por cada 100 lux mediante la siguiente expresión:

$$VEEI = \frac{P*100}{S*Em} \quad (2.8)$$

Donde;

$P$  es la potencia total instalada en lámpara más los equipos auxiliares (W);

$S$  es la superficie iluminada ( $m^2$ );

$Em$  la iluminancia media horizontal mantenida (lux).

El VEEI recomendado será un intervalo entre un VEEI óptimo y un VEEI máximo como se aprecia en la tabla 2.12.

**Tabla 2.12.** Valor de la eficiencia energética VEEI

|             |     |
|-------------|-----|
| VEEI optimo | 2.5 |
| VEEI medio  | 4   |
| VEEI máximo | 5.5 |

El VEEI se debe calcular para cada tipología de recinto, al 100% de flujo si hubiera un sistema de regulación, y considerando en los consumos el conjunto lámpara-equipo. El VEEI es una guía para mantener el diseño de las instalaciones de iluminación en parámetros de eficiencia energética del conjunto adecuados, cuando no óptimos.

## **2.7. NORMAS COVENIN 2249-93**

La comisión venezolana de normas industriales (COVENIN), creada en 1958, es el encargado de programar y coordinar las actividades de Normalización y calidad en el país, esta norma sustituye totalmente a la Norma Venezolana 2249-91.

Esta Norma venezolana COVENIN establece los valores de iluminancia media en servicios recomendados como iluminación normal, para la obtención de un desempeño visual eficiente en las áreas de trabajo y para tareas visuales específicas bajo condiciones de iluminación artificial.

# CAPITULO III

## ANALISIS DE ENCUESTAS

Este capítulo tiene la finalidad de obtener un estudio cualitativo de las áreas del Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado en relación con la iluminación artificial del mismo, el cual se ejecutó de manera proporcional al usuario, médicos y personal obrero mostrando interés y participación.

Este procedimiento es de suma importancia para la investigación, porque tiene el objetivo de la búsqueda y recolecta de información de los usuarios, por lo cual se obtienen las opiniones de pacientes, profesionales de la salud y personal obrero, sobre como observan las condiciones de las luminarias del materno infantil.

Para el número de encuestas que se va a realizar es necesario hacer el cálculo para determinar el tamaño de la muestra con la formula siguiente:

$$n = \frac{Z_{\alpha} * N * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (3.1)$$

Donde,

N= tamaño de la población.

$Z_{\alpha}$ = constante de confianza.

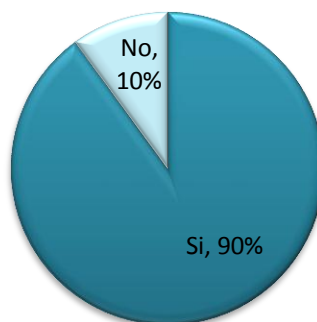
e= error de muestral.

p=q= proporción de individuos.

### 3.1. ENCUESTAS REALIZADAS EN LAS AREAS DEL CENTRO MATERNO INFANTIL A PROFESIONALES DE LA SALUD

Las encuestas fueron realizadas a profesionales de la salud del centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado como médicos, enfermeros, bionalistas, odontólogo, radiólogo para un total de 30 personas como tamaño de la muestra según la formula (3.1), con el fin de obtener una opinión sobre la iluminación artificial de las instalaciones del mismo.

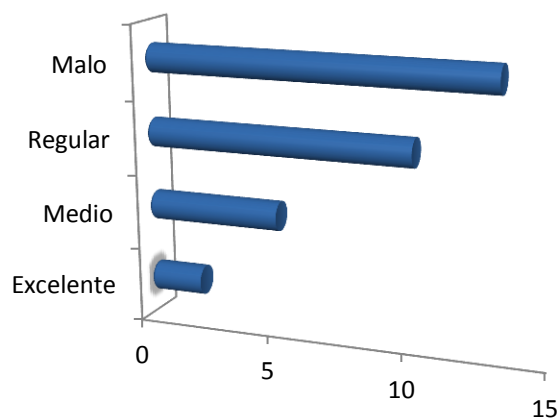
#### 1. ¿Cree usted que la iluminación es indispensable para un adecuado diagnóstico?



**Gráfico 3.1. Resultados de la pregunta 1 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultados arroja que un 90% equivalente a 27 profesionales de la salud opinan que la iluminación es indispensable para un adecuado diagnóstico, no obstante el 10% equivalente a 3 profesionales de la salud opinan diferente.

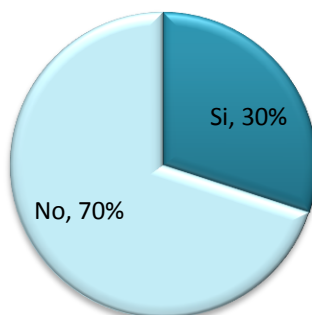
## 2. ¿Cuál es su opinión sobre la iluminación en su consultorio?



**Gráfico 3.2. Resultados de la pregunta 2 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultado arroja que el 6,6% equivalente a 2 profesionales de la salud opinan que la iluminación en su consultorio es excelente, el 16,6% equivalente a 5 profesionales de la salud que es medio, el 33,3% equivalente a 10 profesionales de la salud que es regular y el 43,3% equivalente a 13 profesionales de la salud que es malo.

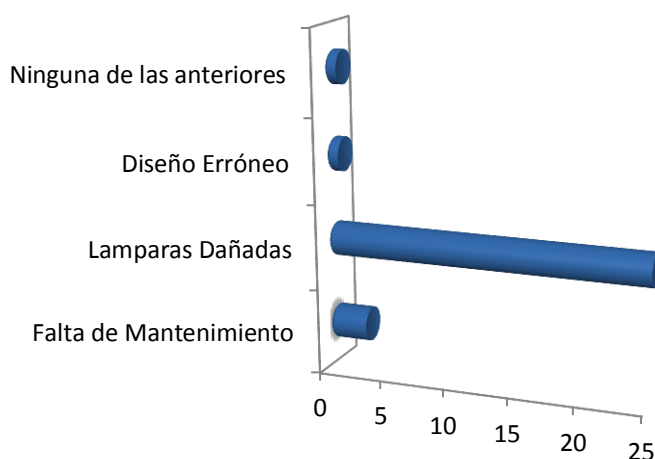
## 3. Observa usted las luminarias de su consultorio en buen estado



**Gráfico 3.3. Resultados de la pregunta 3 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultados arroja que un 30% equivalente a 9 profesionales de la salud opinan que las luminarias de su consultorio están en buen estado, no obstante el 70% equivalente a 21 profesionales de la salud opinan diferente.

#### 4. ¿Qué factor considera usted que es el causante de la deficiencia en el sistema de iluminación en el materno infantil?

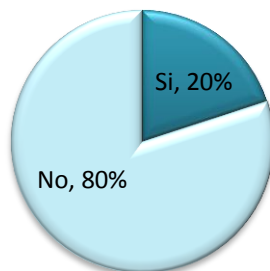


**Gráfico 3.4. Resultados de la pregunta 4 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultado arroja que el 10% equivalente a 3 profesionales de la salud opinan que el causante de la deficiencia en el sistema de iluminación en el materno infantil es por falta de mantenimiento, el 85,3% equivalente a 25 profesionales de la salud que es por lámparas dañadas, el 3,3% equivalente a 1 profesional de la salud que es por diseño erróneo y el 3,3% equivalente a 1 profesional de la salud que es por ninguna de la anteriores.



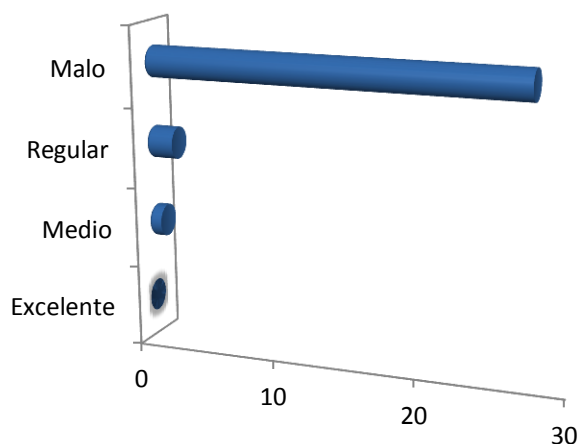
**5. ¿Observa usted lámparas encendidas en lugares donde no se necesite?**



**Gráfico 3.5. Resultados de la pregunta 5 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultados arroja que un 20% equivalente a 6 profesionales de la salud observan lámparas encendidas en lugares donde no se necesite, como el 80% equivalente al 24 profesionales de la salud observan que no.

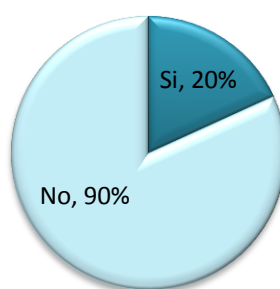
**6. ¿En qué condiciones observa usted la iluminación en los pasillos del materno infantil?**



**Gráfico 3.6. Resultados de la pregunta 6 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultado arroja que el 90% equivalente a 27 profesionales de la salud opinan que la iluminación en los pasillos del materno infantil es malo, el 6,6% equivalente a 2 profesionales de la salud que es regular, el 3,3% equivalente a 1 profesional de la salud que es medio y el 0% excelente.

**7. Cree usted que el aprovechamiento de la luz natural es un aporte para el ahorro energético**

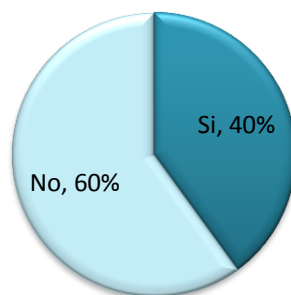


**Gráfico 3.7. Resultados de la pregunta 7 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultados arroja que un 90% equivalente a 27 profesionales de la salud opina que la luz natural es un aporte para el ahorro energético y el 10% equivalente al 3 profesionales de la salud dicen que no.

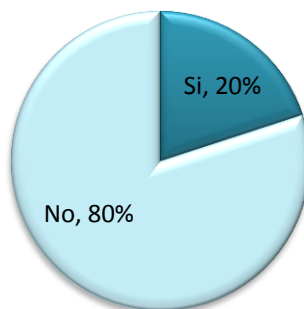
**8. Considera usted que la iluminación actual que posee los quirófanos del materno infantil es suficiente para la ejecución de cualquier tipo de cirugía**

El análisis de los resultados arroja que un 40% equivalente a 12 profesionales de la salud opina que la iluminación actual de los quirófano del materno infantil es suficiente para la ejecución de cualquier tipo de cirugía y el 60% equivalente al 18 profesionales de la salud opinan que no como se muestra en el gráfico 3.8.



**Gráfico 3.8. Resultados de la pregunta 8 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

**9. ¿Observa usted áreas donde las lámparas del materno infantil ocasione molestias, como deslumbramiento o cansancio visual?**



**Gráfico 3.9. Resultados de la pregunta 9 realizada a los profesionales de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado.**

El análisis de los resultados arroja que un 20% equivalente a 6 profesionales de la salud observan áreas donde lámparas causen molestias y el 80% equivalente al 24 profesionales de la salud opinan que no.

### 3.2. ENCUESTAS REALIZADAS EN AREAS DE SERVICIOS DEL MATERNO INFANTIL AL PERSONAL DE OBRERO

**Tabla 3.1. Resultado de las encuestas realizada al personal obrero en áreas de servicios**

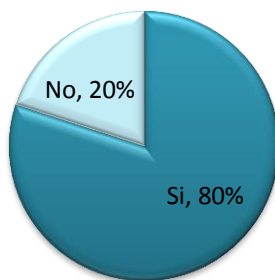
| <b>Pregunta</b> | <b>Pregunta</b>  | <b>Resultado</b>   |
|-----------------|--|--|
| <b>1</b>        | Qué opina usted sobre la iluminación en general del materno infantil   | Excelente 10 %<br>Bueno 20%<br>Regular 40%<br>Malo 30%                                 |
| <b>2</b>        | ¿Cree usted que la iluminación es indispensable para un mejor desempeño laboral?   | Si 80%<br>No 20%   |
| <b>3</b>        | Observa usted las luminarias de su área de trabajo en buen estado  | Si 30%<br>No 70%   |
| <b>4</b>        | ¿Qué factor considera usted que es el causante de la deficiencia en el sistema de iluminación en el materno infantil?      | Falta de mantenimiento 20%<br>Lámparas dañadas 70%<br>Diseño erróneo 0%<br>Ninguna 10% |
| <b>5</b>        | ¿Observa usted lámparas encendidas en lugares donde no se necesite?  | Si 40%<br>No 60%   |
| <b>6</b>        | ¿En qué condiciones observa usted la iluminación en los pasillos del recinto?  | Excelente 0%<br>Bueno 10%<br>Regular 30%<br>Malo 70%                                   |
| <b>7</b>        | Cree usted que el aprovechamiento de la luz natural es un aporte para el ahorro energético                                 | Si 80%<br>No 20%   |
| <b>8</b>        | ¿Observa usted áreas donde las lámparas del materno infantil ocasionen molestias, como deslumbramiento o cansancio visual? | Si 20%<br>No 80%   |

Las encuestas fueron realizadas al personal obrero del Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado como mantenimiento e ingenieros para un total de 30 personas como tamaño de la muestra según la fórmula (3.1), con el fin de obtener una opinión sobre la iluminación artificial de las instalaciones del mismo.

### **3.3.ENCUESTAS REALIZADAS EN LAS INSTALACIONES DEL MATERNO INFANTIL A LOS USUARIOS**

Las siguientes encuestas fueron realizadas a usuarios como lo son los pacientes que acuden al Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado para ser atendidos, fueron un total de 100 personas como tamaño de la muestra según la fórmula (3.1), con el fin de obtener una opinión sobre la iluminación artificial de las instalaciones del mismo

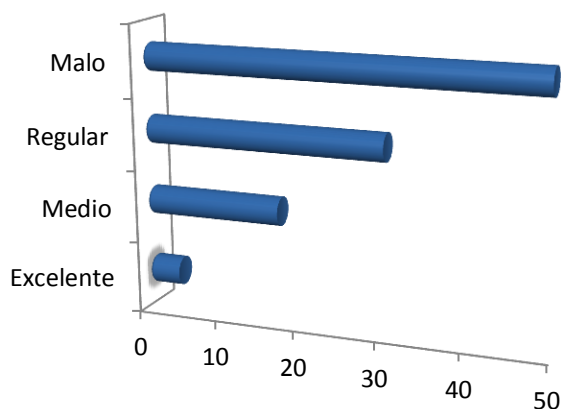
#### **1. ¿Cree usted que la iluminación es indispensable para un adecuado diagnóstico?**



**Gráfico 3.11. Resultados de la pregunta 1 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que un 80% equivalente a 80 usuarios opinan que la iluminación es indispensable para un adecuado diagnóstico, no obstante el 20% equivalente a 20 usuarios opinan diferente.

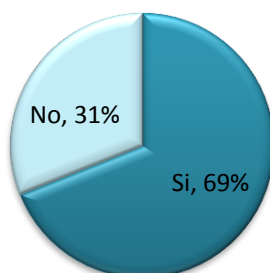
**2. ¿Cuál es su opinión sobre la iluminación en consultorios, laboratorios, salas de parto, sala de esperas, etc.?**



**Gráfico 3.12. Resultados de la pregunta 2 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultado arroja que el 4% equivalente a 4 usuarios opinan que la iluminación en consultorios, laboratorios, sala de parto, sala de espera, etc., es excelente, el 17% equivalente a 17 usuarios que es medio, el 30% equivalente a 30 usuarios que es regular y el 49% equivalente a 49 usuarios que es malo.

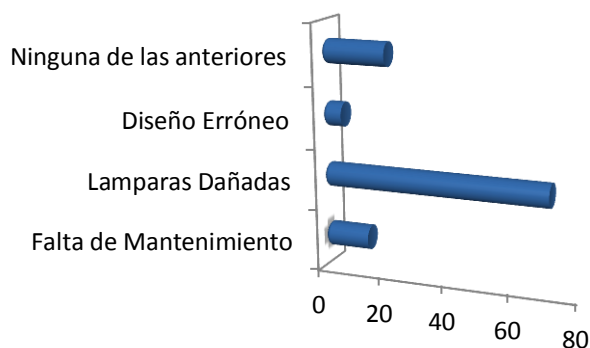
**3. Observa usted las luminarias en buen estado en consultorios, laboratorios, salas de parto, sala de esperas, etc.**



**Gráfico 3.13. Resultados de la pregunta 3 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que un 31% equivalente a 31 usuarios opinan que las luminarias en distintas áreas del materno infantil están en buen estado, no obstante el 69% equivalente a 69 usuarios opinan diferente.

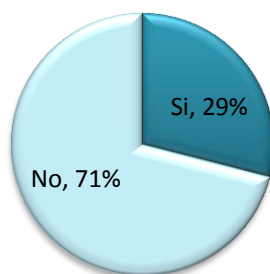
**4. ¿Qué factor considera usted que es el causante de la deficiencia en el sistema de iluminación en el materno infantil?**



**Gráfico 3.14. Resultados de la pregunta 4 realizada a los usuarios de la salud del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultado arroja que el 14% equivalente a 14 usuarios opinan que el causante de la deficiencia en el sistema de iluminación en el materno infantil es por falta de mantenimiento, el 70% equivalente a 70 usuarios que es por lámparas dañadas, el 6% equivalente a 6 usuarios que es por diseño erróneo y el 10% equivalente a 10 usuarios que es por ninguna de la anteriores.

**5. ¿Observa usted lámparas encendidas en lugares donde no se necesite?**

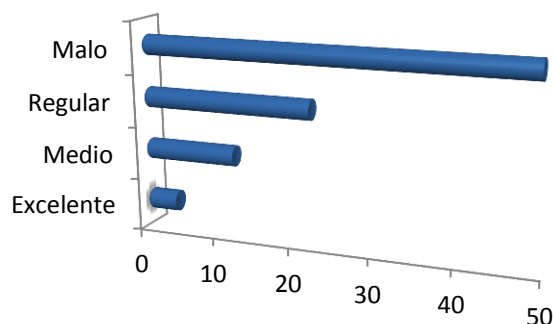


**Gráfico 3.15. Resultados de la pregunta 5 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que un 29% equivalente a 29 usuarios observan lámparas encendidas en lugares que no se necesitan, como el 71% equivalente a 71 usuarios opinan diferente.



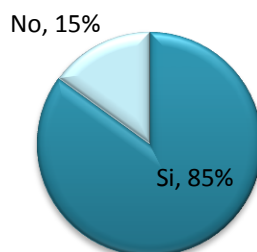
**6. ¿En qué condiciones observa usted la iluminación en los pasillos del recinto?**



**Gráfico 3.16. Resultados de la pregunta 6 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que el 4% equivalente a 4 usuarios observa la iluminación en los pasillos del materno infantil excelente, el 12% equivalente a 12 usuarios que es medio, el 22% equivalente a 22 usuarios que es regular y el 62% equivalente a 62 usuarios que es malo.

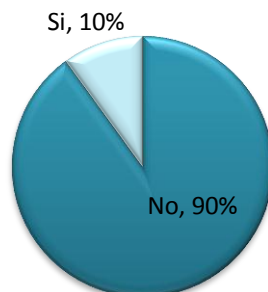
**7. Cree usted que el aprovechamiento de la luz natural es un aporte para el ahorro energético**



**Gráfico 3.17. Resultados de la pregunta 7 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que un 85% equivalente a 85 usuarios opinan que el aprovechamiento de la luz natural genera un aporte para el ahorro energético, no obstante el 15% equivalente a 15 usuarios opinan lo contrario.

**8. ¿Observa usted áreas donde las lámparas del materno infantil ocasionen molestias, como deslumbramiento o cansancio visual?**



**Gráfico 3.18. Resultados de la pregunta 8 realizada a los usuarios del centro materno infantil Dr. Darío Maldonado**

El análisis de los resultados arroja que un 10% equivalente a 10 usuarios observan áreas donde las lámparas ocasionan molestias y el 90% equivalente a 90 usuarios opinan lo contrario.

En resumen, este estudio cualitativo se realizó con el fin de obtener las condiciones actuales del sistema de iluminación de Centro Materno Infantil Dr Darío Maldonado, tanto como a usuarios, personal obrero y los profesionales de la salud, donde la pregunta más resaltante fue sobre como valoraban el sistema de iluminación y que factor era el causante de su deficiencia, dando como resultado un sistema de iluminación malo por las lámparas quemadas.

Considerando que las repuestas fueron a favor de la innovación de la tecnología LED como sustitución del sistema de iluminación actual para aumentar el bienestar de los usuarios, obreros y profesionales de la salud y en contribuir con el ahorro energético; finalmente se toma a partir de allí un punto a favor para una solución de eficiencia energética.

# CAPITULO IV

## ESTUDIO DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE LA ILUMINACION

Este capítulo trata de las condiciones actuales de la iluminación artificial en el Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado, en particular los niveles de iluminación de cada área, el tipo de luminaria utilizada para cada ambiente, las características y condiciones de las lámparas y luminarias, detalle del área estudiada y la hora de la medición.

Para iniciar el estudio se realizaron medidas de cada área buscando obtener el índice local a través de la ecuación (2.4) y así poder precisar la cantidad de puntos a tomar para tener una media más exacta.

Estas mediciones se tomaron con un equipo *Android*, luego de comprobar su adecuado funcionamiento como sustituto del LUXOMETRO analógico convencional habitualmente usado para tomar las medidas de iluminancia, el celular *Android* con el que se tomaron las medidas de iluminancia cuenta con un sensor de alta gama llamado sensor de luz ambiental RGB (*Red Green Blue Ambient lighth Sensors*), procesado a través de una aplicación de *google play service* llamada LUX.

Se realizaron las medidas a una altura de 85cm y una separación de 100cm cada área de estudio se registró los niveles lux en una serie puntos, para identificar la uniformidad de la iluminación, creando una especie de rejilla de medidas.

#### **4.1. MODULO 1 (EMERGENCIA GINECO-OBSTETRA)**

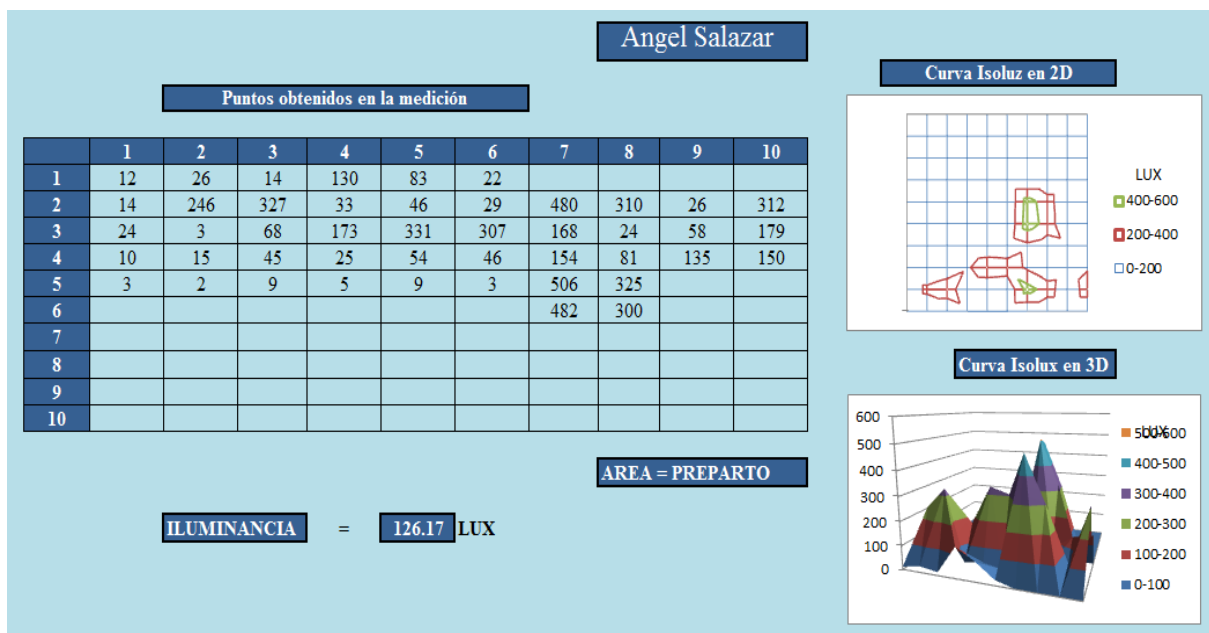
##### **Preparto**

Los niveles de iluminación recomendados según las normas COVENIN 2249-93 las áreas de cuidados especial general son 100, 150 y 200 lux, como valores mínimo, medio y máximo respectivamente. El preparto está ubicado en el módulo 1 tiene un área 84m<sup>2</sup>, el color de las paredes es azul claro, el piso de granito claro, el techo es de color blanco.

**Tabla 4.1. Características de la medición de preparto**

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| Índice local               | 2,85                       |
| Nº de puntos requeridos    | 16 puntos                  |
| Nº de puntos medidos       | 46 puntos                  |
| Nº de luminarias           | 7 de 3 tubos<br>8 de bulbo |
| Potencia instalada         | 832 W                      |
| Potencia en uso            | 320 W                      |
| Nº de lámparas instaladas  | 21                         |
| Nº de lámparas operativas  | 10                         |
| Iluminación obtenida (lux) | 126,17                     |

Los valores obtenidos en la medición en el área de parto, comparados con la norma COVENIN 2249-93 se encuentran en el rango establecido por norma en su valor mínimo.



**Figura 4.1. Hoja de cálculo para los niveles de iluminación de parto**

Esta herramienta de cálculo en Excel mostrada en la figura 4.1, permitió obtener el valor medio de iluminación en el área de parto, también se logra apreciar las curvas isólineas en el plano 2D y 3D, de esta manera se logró obtener la iluminación media de cada área estudiada del Centro Materno Infantil Dr Darío Maldonado con los puntos obtenidos en la medición.

**Tabla 4.2. Estudio de las demás áreas del módulo 1 (Emergencia gineco-obtetra)**

| Área                               | Índice local | N° de puntos | N° de luminarias                | N° de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Posparto                           | 2,65         | 47           | 6 de 3 tubos<br>8 de bulbo      | 7                         | 100 a 200                     | 180,74                     |
| Quirófano                          | 2            | 45           | 6 de 4 tubos                    | 19                        | 1000 a 1500                   | 289                        |
| Quirófano                          | 2            | 45           | 6 de 4 tubos                    | 19                        | 1000 a 1500                   | 295                        |
| Curetaje                           | 1,27         | 12           | 1 de 3 (60cm)<br>1 de 3 (120cm) | 4                         | 500 a 1000                    | 383                        |
| Examen                             | 1,58         | 23           | 4 de 3 tubos                    | 5                         | 100 a 200                     | 194,09                     |
| Esterilización                     | 1,56         | 26           | 4 de 3 tubos                    | 2                         | 500 a 1000                    | 178,13                     |
| Oficina Medico                     | 1,18         | 9            | 2 de 3 tubos                    | 3                         | 500 a 1000                    | 260,22                     |
| Oficina enfermeras                 | 1,20         | 6            | 2 de 3 tubos                    | 2                         | 500 a 1000                    | 119,33                     |
| Sanitario de posparto              | 1,34         | 3            | 2 de 3 tubos                    | 1                         | 100 a 200                     | 282,34                     |
| Sanitario de parto                 | 1,09         | 4            | 1 de 3 tubos                    | 1                         | 100 a 200                     | 44,75                      |
| Pasillo de zona de camilla (día)   | 2,20         | 30           | 5 de 3 tubos                    | 2                         | 100 a 200                     | 107,7                      |
| Pasillo de zona de camilla (noche) | 2,20         | 30           | 5 de 3 tubos                    | 2                         | 30 a 100                      | 40                         |
| Pasillo de curetaje (día)          | 1,54         | 20           | 5 de 3 tubos                    | 1                         | 100 a 200                     | 159,90                     |
| Pasillo de curetaje (noche)        | 1,54         | 20           | 5 de 3 tubos                    | 1                         | 20 a 50                       | 30                         |

Al observar la tabla 4.2, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 1 se encuentra fuera de lo recomendado por la norma COVENIN 2249-93, tanto por encima de valor estipulado como por debajo.

## 4.2. MODULO 2 ( EMERGENCIA PEDIATRICA)

### Quirófano

**Tabla 4.3. Características de la medición del quirófano**

|                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| Área del Quirófano                    | 42,74m <sup>2</sup> |
| Iluminación recomendada general       | 1.500 lux           |
| Iluminación recomendada localizada    | 27.000 lux          |
| Color de pared                        | Verde claro         |
| Color de piso                         | Granito claro       |
| Color de techo                        | Blanco              |
| Índice local                          | 1,98                |
| Nº de puntos requeridos               | 9 puntos            |
| Nº de puntos medidos                  | 46 puntos           |
| Nº de luminarias                      | 6 de 4 tubos        |
| Potencia instalada                    | 768 w               |
| Potencia en uso                       | 608 w               |
| Nº de lámparas instaladas             | 24                  |
| Nº de lámparas operativas             | 19                  |
| Iluminación obtenida (lux) General    | 249,45              |
| Iluminación obtenida (lux) Localizada | 8802,56             |

Los niveles obtenidos en la medición general y localizada no cumplen con la norma COVENIN 2249-93 que especifica un mínimo de 1000 lux y un máximo de 2000 lux general y 27000lux localizada, el cual los 249,45 lux del quirófano se considera que posee una iluminación inadecuada para la relación 3:1 para evitar deslumbramiento.

**Tabla 4.4. Estudio de las demás áreas del módulo 2 (Emergencia pediátrica)**

| Área                               | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias                | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|------------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Hidratación                        | 2,71         | 30           | 4 de 4 tubos<br>4 de bulbo      | 9                         | 100 a 200                     | 93,07                      |
| Observación                        | 2,2          | 27           | 9 de 4 tubos<br>4 de bulbo      | 4                         | 500 a 1000                    | 140                        |
| Pasillo de zona de camilla (día)   | 2,20         | 30           | 5 de 3 tubos                    | 2                         | 100 a 200                     | 115                        |
| Pasillo de zona de camilla (noche) | 2,20         | 30           | 5 de 3 tubos                    | 2                         | 30 a 100                      | 43                         |
| Inhalo terapia                     | 0,88         | 4            | 1 de 3 tubos                    | 1                         | 200 a 500                     | 332,33                     |
| Traumatología                      | 1,6          | 11           | 2 de 3 (120cm)<br>1 de 3 (60cm) | 4                         | 500 a 1000                    | 217,64                     |
| Recuperación quirúrgica            | 1,5          | 14           | 3 de 3 tubos                    | 3                         | 100 a 200                     | 223,86                     |
| Área restringida                   | 1,20         | 6            | 2 de 4 (120cm)<br>1 de 3 (60cm) | 2                         | 500 a 1000                    | 119,33                     |
| Vestier de médico                  | 1,21         | 9            | 1 de 3 tubos                    | 1                         | 100 a 200                     | 66,7                       |
| Faena sucia                        | 1,09         | 3            | 1 de 4 (60cm)                   | 1                         | 200 a 500                     | 219                        |
| Faena limpia                       | 0,69         | 2            | 1 de 4 (60cm)                   | 2                         | 200 a 500                     | 319                        |
| Depósito de material               | 0,96         | 3            | 1 de 3 tubos                    | 2                         | 100 a 200                     | 311                        |
| Puesto de enfermera                | 0,69         | 6            | 1 de 4 tubos                    | 1                         | 200 a 500                     | 164,83                     |
| Cirugía menor                      | 1,72         | 15           | 4 de 4 tubos                    | 2                         | 1000 a 2000                   | 178,2                      |
| Sanitario de observación           | 1,33         | 6            | 2 de 3 (60cm)                   | 2                         | 100 a 200                     | 164                        |

Al observar la tabla 4.4, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 2 se encuentra fuera de lo recomendado por la norma COVENIN 2249-93, tanto por encima de valor estipulado como por debajo.



### 4.3. MODULO 3A ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA)

#### Patológicos

**Tabla 4.5. Características de la medición Patológicos**

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Área de patológicos              | 34,31m <sup>2</sup> |
| Iluminación recomendada general  | 750 lux             |
| Color de pared                   | Verde claro         |
| Color de piso                    | Granito claro       |
| Color de techo                   | Blanco              |
| Índice local                     | 1,98                |
| Índice local                     | 1,59                |
| Nº de puntos requeridos          | 9 puntos            |
| Nº de puntos medidos             | 12 puntos           |
| Nº de luminarias                 | 4 de 4 tubos        |
| Potencia instalada               | 640 W               |
| Potencia en uso                  | 160 W               |
| Nº de lámparas instaladas        | 16                  |
| Nº de lámparas operativas        | 8                   |
| Iluminación obtenida (lux) día   | 512,90              |
| Iluminación obtenida (lux) noche | 435                 |

Los valores obtenidos en la medición en el área de patológicos, comparados con la norma COVENIN 2249-93 de día se encuentran en su valor mínimo y de noche por debajo del valor mínimo recomendado.

**Tabla 4.6. Estudio de las demás áreas del módulo 3A (Hospitalización Pediátrica)**

| Área                      | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|---------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Prematuro                 | 1,51         | 10           | 3 de 3 tubos     | 6                         | 500 a 1000                    | 520                        |
| Formula Láctea            | 0,96         | 4            | 1 de 3 tubos     | 1                         | 200 a 500                     | 434                        |
| Pasillo día               | 1,51         | 40           | 10 de 3 tubos    | 4                         | 100 a 200                     | 70,3                       |
| Pasillo noche             | 1,51         | 40           | 10 de 3 tubos    | 4                         | 30 a 100                      | 25                         |
| Cuartos niñas (0-5) años  | 2,35         | 20           | 6 de 4 tubos     | 3                         | 100 a 200                     | 110                        |
| Cuartos niñas (0-5) años  | 2,35         | 20           | 6 de 4 tubos     | 3                         | 100 a 200                     | 115                        |
| Cuartos niños (5-13) años | 2,35         | 20           | 6 de 4 tubos     | 1                         | 100 a 200                     | 95                         |
| Cuartos niños (5-13) años | 2,35         | 20           | 6 de 4 tubos     | 1                         | 100 a 200                     | 80                         |

Al observar la tabla 4.6, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 3A se encuentran fuera de lo recomendado por la norma, el área de formula láctea con una buena iluminación y los cuartos con su mínimo valor recomendados COVENIN 2249-93.

#### **4.4. MODULO 3B ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA)**

##### **UCI niñas**

En la UCI (unidad de cuidados intensivos) la iluminación es indispensable para el trabajo de los facultativos.

**Tabla 4.7. Características de la medición UCI niñas**

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| Área de UCI niñas                | 34,12m <sup>2</sup> |
| Iluminación recomendada general  | 150 lux             |
| Color de pared                   | Verde claro         |
| Color de piso                    | Granito claro       |
| Color de techo                   | Blanco              |
| Índice local                     | 1,98                |
| Nº de puntos requeridos          | 9 puntos            |
| Nº de puntos medidos             | 12 puntos           |
| Nº de luminarias                 | 4 de 3 tubos        |
| Potencia instalada               | 640 W               |
| Potencia en uso                  | 160 W               |
| Nº de lámparas instaladas        | 16                  |
| Nº de lámparas operativas        | 4                   |
| Iluminación obtenida (lux) día   | 309                 |
| Iluminación obtenida (lux) noche | 254,67              |

Los valores obtenidos en la medición en el área de UCI niñas, comparados con la norma COVENIN 2249-93 se encuentran por encima de su valor máximo tanto de día y de noche. El aprovechamiento de la luz natural tiene un importante uso en esta área, el cual en el día complementa y aumenta la iluminación según lo establecido con la norma.

**Tabla 4.8. Estudio de las demás áreas del módulo 3B (Hospitalización Pediátrica)**

| Área                        | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|-----------------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| UCI niños                   | 2,32         | 10           | 5 de 4 tubos     | 4                         | 100 a 200                     | 139,70                     |
| Deposito General            | 1,51         | 8            | 3 de 3 tubos     | 2                         | 50 a 100                      | 79                         |
| Estar de enfermera          | 1,3          | 5            | 2 de 3 tubos     | 1                         | 100 a 200                     | 195,80                     |
| Pasillo día                 | 1,51         | 40           | 10 de 3 tubos    | 4                         | 100 a 200                     | 81,31                      |
| Pasillo noche               | 1,51         | 40           | 10 de 3 tubos    | 4                         | 30 a 100                      | 49,3                       |
| 2 Cuartos niñas (5-13) años | 2,35         | 20           | 6 de 3 tubos     | 3                         | 100 a 200                     | 102                        |
| 2 Cuartos niños (0-5) años  | 2,35         | 20           | 6 de 3 tubos     | 1                         | 100 a 200                     | 95                         |

#### 4.5. MODULO 4 (SERVICIOS GENERALES)

##### Sala de Rayos X

**Tabla 4.9. Características de la Sala de Rayos X**

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| Área de Rayos X                                 | 15,64m <sup>2</sup>             |
| Iluminación recomendada general                 | 500 lux                         |
| Color de pared                                  | Madera                          |
| Color de piso                                   | Granito claro                   |
| Color de techo                                  | Blanco                          |
| Índice local                                    | 1,23                            |
| Nº de puntos requeridos                         | 9 puntos                        |
| Nº de puntos medidos                            | 15 puntos                       |
| Nº de luminarias                                | 2 de 4 (120cm)<br>1 de 3 (60cm) |
| Potencia instalada                              | 307 W                           |
| Potencia en uso                                 | 128 W                           |
| Nº de lámparas instaladas                       | 6                               |
| Nº de lámparas operativas                       | 4                               |
| Iluminación obtenida general (lux)              | 265                             |
| Iluminación obtenida área de computadoras (lux) | 2                               |

Los valores obtenidos en la medición, comparados con la norma COVENIN 2249-93 los niveles de iluminación general y en el área de computadoras de la sala de Rayos X se encuentran por debajo de su valor mínimo.

**Tabla 4.10. Estudio de las demás áreas del módulo 4 (Servicios Generales)**

| Área                 | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|----------------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Depósito de Medicina | 2,31         | 16           | 9 de 3 tubos     | 6                         | 200 a 500                     | 213,97                     |
| Banco de Sangre      | 1,79         | 15           | 6 de 3 tubos     | 8                         | 500 a 1000                    | 195,2                      |
| Historias Pediatra   | 1,47         | 8            | 3 de 4 tubos     | 5                         | 500 a 1000                    | 249                        |
| Historias Obstetra   | 1,47         | 8            | 3 de 4 tubos     | 5                         | 500 a 1000                    | 315                        |
| Pasillo día          | 3,6          | 35           | 55 E27           | 5                         | 100 a 200                     | 89                         |
| Pasillo noche        | 3,6          | 35           | 55 E27           | 5                         | 20 a 50                       | 34                         |
| Toma de muestras     | 1,48         | 6            | 3 de 4 tubos     | 3                         | 500 a 1000                    | 267                        |
| Inmunización         | 0,61         | 3            | 1 de 3 tubos     | 1                         | 200 a 500                     | 378                        |
| Laboratorios         | 1,79         | 15           | 6 de 4 tubos     | 8                         | 500 a 1000                    | 295                        |

Al observar la tabla 4.10, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 4 se encuentran fuera de lo recomendado por la norma COVENIN 2249-93.

#### **4.6. MODULO 5A (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA)**

##### **Cuartos**

La iluminación en las habitaciones influye con la recuperación y estabilización de un paciente ya que ella aporta un confort y un ambiente hogareño al enfermo.

**Tabla 4.11. Características de los cuartos**

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Área de cuartos                          | 29m <sup>2</sup>           |
| Iluminación recomendada general          | 150 lux                    |
| Color de pared                           | Azul claro                 |
| Color de piso                            | Granito claro              |
| Color de techo                           | Blanco                     |
| Índice local                             | 2,31                       |
| Nº de puntos requeridos                  | 16 puntos                  |
| Nº de puntos medidos                     | 25 puntos                  |
| Nº de luminarias                         | 6 de 3 tubos<br>5 de bulbo |
| Potencia instalada                       | 676 W                      |
| Potencia en uso                          | 160 W                      |
| Nº de lámparas instaladas                | 18                         |
| Nº de lámparas operativas                | 5                          |
| Iluminación obtenida general (lux) día   | 115                        |
| Iluminación obtenida general (lux) noche | 68                         |

Los valores obtenidos en la medición de los cuartos, comparados con la norma COVENIN 2249-93 se encuentran por debajo de su valor mínimo de noche.

**Tabla 4.12. Estudio de las demás áreas del módulo 5A (Hospitalización gineco-obstetra)**

| Área          | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|---------------|--------------|--------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Baños         | 0,63         | 2            | 1 de 3 tubos     | 1                         | 100 a 200                     | 150                        |
| Pasillo día   | 2,4          | 16           | 10 de 3 tubos    | 5                         | 100 a 200                     | 19                         |
| Pasillo noche | 2,4          | 16           | 10 de 3 tubos    | 5                         | 20 a 50                       | 8                          |

Al observar la tabla 4.12, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 5A se encuentran fuera de lo recomendado por la norma COVENIN 2249-93.

#### 4.7. MODULO 5B (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA)

##### Pasillo

**Tabla 4.13. Características del pasillo**

|  |                                 |
|--|---------------------------------|
| Área de pasillos                         | 71m <sup>2</sup>                |
| Iluminación recomendada día              | 150 lux                         |
| Iluminación recomendada noche            | 30 lux                          |
| Color de pared                           | Verde claro                     |
| Color de piso                            | Granito claro                   |
| Color de techo                           | Blanco                          |
| Índice local                             | 1,74                            |
| Nº de puntos requeridos                  | 9 puntos                        |
| Nº de puntos medidos                     | 16 puntos                       |
| Nº de luminarias                         | 6 de 3 (120cm)<br>2 de 3 (60cm) |
| Potencia instalada                       | 678 w                           |
| Potencia en uso                          | 96 w                            |
| Nº de lámparas instaladas                | 18                              |
| Nº de lámparas operativas                | 3                               |
| Iluminación obtenida general (lux) día   | 10                              |
| Iluminación obtenida general (lux) noche | 4                               |

Los valores obtenidos en la medición del pasillo del módulo 5B, comparados con la norma COVENIN 2249-93 se encuentran por debajo de su valor mínimo tanto de día como de noche, considerando así una iluminación muy errónea para dicha área.

**Tabla 4.14. Estudio de las demás áreas del módulo 5B (Hospitalización gineco-obstetra)**

| Área      | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias           | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|-----------|--------------|--------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 6 Cuartos | 2,31         | 25           | 6 de 3 tubos<br>5 de bulbo | 6                         | 100 a 200                     | 112                        |
| 9 Baños   | 0,63         | 2            | 1 de 3 tubos               | 1                         | 100 a 200                     | 135                        |

Al observar la tabla 4.14, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 5B se encuentran su valor mínimo recomendado por la norma COVENIN 2249-93.

#### 4.8. MODULO 6 (CONSULTA EXTERNA)

##### Consultorio odontológico

**Tabla 4.15. Características del consultorio odontológico**

|                                       |                     |
|---------------------------------------|---------------------|
| Área de consultorio odontológico      | 15,42m <sup>2</sup> |
| Iluminación recomendada general       | 300 lux             |
| Iluminación recomendada localizada    | 750 lux             |
| Color de pared                        | Verde claro         |
| Color de piso                         | Granito claro       |
| Color de techo                        | Blanco              |
| Índice local                          | 1,26                |
| Nº de puntos requeridos               | 9 puntos            |
| Nº de puntos medidos                  | 10 puntos           |
| Nº de luminarias                      | 2 de 3 tubos        |
| Potencia instalada                    | 192 W               |
| Potencia en uso                       | 64 W                |
| Nº de lámparas instaladas             | 6                   |
| Nº de lámparas operativas             | 5                   |
| Iluminación obtenida general (lux)    | 382                 |
| Iluminación obtenida localizada (lux) | 1350                |

Los valores obtenidos en la medición del consultorio odontológico, comparados con la norma COVENIN 2249-93 se encuentran en los valores medio recomendado tanto en la iluminación general como la localizada que es regulada.



**Tabla 4.16. Estudio de las demás áreas del módulo 6 (Consulta Externa)**

| Área                    | Índice local | Nº de puntos | Nº de luminarias                | Nº de lámparas operativas | Iluminancia recomendada (lux) | Iluminancia obtenida (lux) |
|-------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| 8 Consultorios          | 1,5          | 9            | 3 de 3 tubos                    | 4                         | 200 a 500                     | 121,22                     |
| 2 Baños públicos        | 1,14         | 6            | 2 de 3 (120cm)<br>1 de 3 (60cm) | 5                         | 100 a 200                     | 110                        |
| Salón de usos múltiples | 2,08         | 16           | 6 de 3 tubos                    | 6                         | 100 a 200                     | 267,33                     |
| Pasillo                 | 2,08         | 16           | 9 de 3 tubos                    | 6                         | 100 a 200                     | 85                         |

Al observar la tabla 4.16, se concluye que la mayoría de las áreas del módulo 6 se encuentra fuera de lo recomendado por la norma COVENIN 2249-93, tanto por encima de valor estipulado como por debajo.

#### **4.9. DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL**

Para determinar la demanda máxima, se debe conocer el total del consumo de las luminarias instaladas tanto de las lámparas como de los equipos auxiliares y aplicar la siguiente ecuación:

$$D_{max} = F. dem * Carga conectada \quad (4.1)$$

Dónde:

*F. dem* = factor de demanda

Según el condigo eléctrico nacional (CEN), en la tabla de factores de demanda para cargas de iluminación (tabla 220.11) se indica tomar un factor de demanda del 100%.

**Tabla 4.17. Potencia de las luminarias actuales**

| Nº de lámparas        | Tipo de lámpara       | Potencia de la lámpara (W) | Potencia por balastro (W) | Potencia total (W) |
|-----------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|
| 900                   | F. lineal T8 120 (cm) | 32                         | 3,2                       | 31.608             |
| 80                    | F. lineal T8 60 (cm)  | 17                         | 1,7                       | 1.496              |
| 179                   | Fluorescente Compacta | 20                         | -                         | 3.580              |
| <b>Potencia total</b> |                       |                            |                           | <b>36.684</b>      |

Entonces la demanda máxima en w se tiene,

$$Dmax_{(w)} = 1 * 36.684 = 36.684 W$$

En kVA considerando un factor de potencia ( $\cos \varphi$ ) de 0,95 se tiene,

$$Dmax_{(kVA)} = \frac{Dmax_{(w)}}{\cos \varphi} \quad (4.2)$$

$$Dmax_{(kVA)} = \frac{36.684 W}{0.95} = 38.614,7 kVA$$

**Tabla 4.18. VEEI actual de algunas áreas con la iluminación obtenida**

| Área        | VEEI (W/m <sup>2</sup> )<br>(potencia instalada) | VEEI (W/m <sup>2</sup> )<br>(potencia en uso) |
|-------------|--|---|
| Preparto    | 7,8  | 3,8   |
| Quirófano   | 7,1  | 5,71  |
| Patológicos | 4,2  | 1,07  |
| UCI niñas   | 7,2  | 1,8   |
| Rayos X     | 7,4  | 3,08  |
| Cuartos     | 2,08   | 4,79  |
| Pasillo     | 9,5  | 1,35  |
| Odontología | 3,29   | 1,09  |

# **CAPITULO V**

## **PROPUESTA PARA UNA SOLUCION DE EFICIENCIA ENERGETICA EN LA ILUMINACION**

En este capítulo se presentará una propuesta para una solución de eficiencia energética con la innovación de la tecnología LED, en función del ahorro energético y de una mejor iluminación en las áreas de trabajo del Centro Materno Infantil Dr. Darío Maldonado, el cual proporciona un excelente desempeño laboral y una satisfacción al usuario.

La propuesta se realizará con la herramienta computacional DIALux 4.12 obteniendo así una iluminación adecuada a lo establecido en la norma COVENIN 2249-93 con el tipo de luminaria LED seleccionada, tomando en cuentas las características físicas de cada ambiente como color de paredes, piso, techo y objetos existentes.

El valor de la eficiencia energética instalada (VEEI) será medido al sistema de iluminación propuesto en cada área con la fórmula (2.33), obteniendo resultados óptimo medio o máximo según sea el caso.

## 5.1. MODULO 1 (EMERGENCIA GINECO-OBSTETRA)

### Preparto

Se propone un nuevo sistema de iluminación que sustituirá el actual usando 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) con un flujo luminoso de 2000lm, una potencia de 17W para las luminarias de techo y 8 lámpara bulbo LED E27 de cabecera con un flujo luminoso de 1400lm, una potencia de 14W, obteniendo una iluminancia media de 159lux con las lámparas de cabecera apagadas cumpliendo con el valor medio establecido por la norma COVENIN 2249-93, 246lux con dicha lámparas encendidas para lograr la iluminación de cabecero de la cama de 312lux para la lectura y una VEEI de 0,82 óptimo.



Figura 5.1. Sistema de iluminación propuesta para el área de Preparto

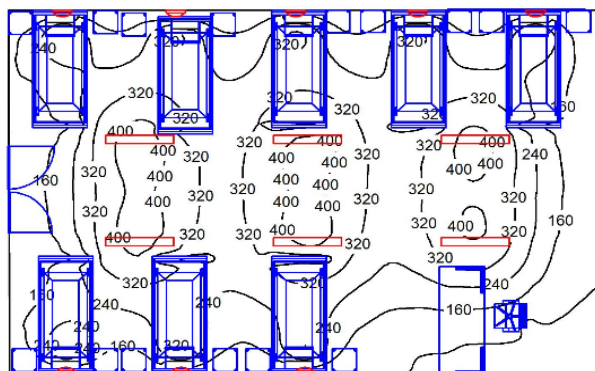


Figura 5.2. Representación de las curvas isolíneas en el plano

Tabla 5.1. Estudio de las demás áreas del módulo 1 (Emergencia gineco-obteta)

| Área                       | Lámparas Propuestas                                | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (Lux) | Iluminancia recomendada (Lux) |
|----------------------------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Posparto                   | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,9                      | 148                        | 100 a 200                     |
|                            | 8 lámpara bulbo LED E27                            | 14           |                          |                            |                               |
| Curetaje                   | 3 Tubo LED T8 Philips 456566(120cm)                | 17           | 1,1                      | 680                        | 500 a 1000                    |
|                            | 3 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)                | 9            |                          |                            |                               |
|                            | 3 luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED     | 21           |                          |                            |                               |
| 2 Quirófano                | 2x 24 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)           | 17           | 0,6                      | 1350                       | 1000 a 1500                   |
|                            | 2x 21 luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED | 21           |                          |                            |                               |
| Examen                     | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,2                      | 170                        | 100 a 200                     |
| Esterilización             | 8 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,8                      | 780                        | 500 a 1000                    |
| Oficina Medico             | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,7                      | 712                        | 500 a 1000                    |
| Oficina enfermeras         | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,7                      | 712                        | 500 a 1000                    |
| Sanitario de posparto      | 2 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,2                      | 193                        | 100 a 200                     |
| Sanitario de parto         | 1 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 2,1                      | 193                        | 100 a 200                     |
| Pasillo de zona de camilla | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,2                      | 180                        | 100 a 200                     |
| Pasillo de curetaje        | 4 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,2                      | 160                        | 100 a 200                     |

## 5.2. MODULO 2 (EMERGENCIA PEDRIATICA)

### Quirófano



Figura 5.3. Sistema de iluminación propuesta para el área de Quirófano

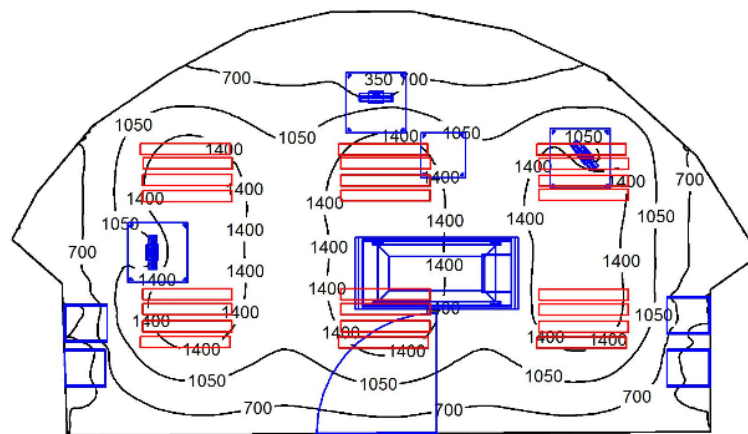


Figura 5.4. Representación de las curvas isométricas en el plano

**Tabla 5.2. Estudio de las demás áreas del módulo 2 (Emergencia pediátrica)**

| Área                       | Lámparas Propuestas                                | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (Lux) | Iluminancia Recomendada (lux) |
|----------------------------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Quirófano                  | 2x 24 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)           | 17           | 0,57                     | G 1.673                    | 1.000 a 1.500                 |
|                            | 2x 21 luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED | 21           |                          | L 26.800                   | 27.000                        |
| Hidratación                | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,1                      | 165                        | 100 a 200                     |
|                            | 4 lámpara bulbo LED E27                            | 14           |                          |                            |                               |
| Observación                | 20 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)              | 17           | 0,8                      | 780                        | 500 a 1000                    |
|                            | 4 lámpara bulbo LED E27                            | 14           |                          |                            |                               |
| Inhalo terapia             | 6 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,9                      | 350                        | 200 a 500                     |
| Pasillo de zona de camilla | 5 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,3                      | 180                        | 100 a 200                     |
| Traumatología              | 6 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,7                      | 650                        | 500 a 1000                    |
|                            | 3 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            |                          |                            |                               |
| Recuperación quirúrgica    | 2 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,3                      | 180                        | 100 a 200                     |
| Área restringida           | 8 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 0,69                     | 740                        | 500 a 1000                    |
|                            | 3 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            |                          |                            |                               |
| Vestier de médico          | 2 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            | 1,2                      | 160                        | 100 a 200                     |
| Faena sucia                | 4 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            | 0,7                      | 420                        | 200 a 500                     |
| Faena limpia               | 4 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            | 0,7                      | 420                        | 200 a 500                     |
| Depósito de material       | 2 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,4                      | 160                        | 100 a 200                     |
| Puesto de enfermera        | 4 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)               | 17           | 1,2                      | 412                        | 200 a 500                     |
| Cirugía menor              | 16 Tubo LED T8 philips 456566 (120cm)              | 17           | 0,6                      | 1560                       | 1000 a 2000                   |
| Sanitario de observación   | 2 Tubo LED T8 philips 452045 (60cm)                | 9            | 1,7                      | 186                        | 100 a 200                     |

### 5.3. MODULO 3A ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA)

#### Patológicos



Figura 5.5. Sistema de iluminación propuesta para el área de Patológicos

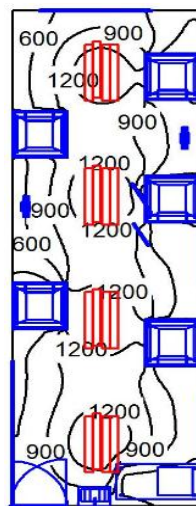


Figura 5.6. Representación de las curvas isolíneas en el plano



**Tabla 5.3. Estudio de las demás áreas del módulo 3A (Hospitalización Pediátrica)**

| Área                        | Lámparas Propuestas                    | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|-----------------------------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Patológicos                 | 16 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 0,97                     | 810                        | 500 a 1000                    |
| Prematuro                   | 9 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 0,7                      | 720                        | 500 a 1000                    |
| Formula Láctea              | 3 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 0,9                      | 360                        | 100 a 200                     |
| Pasillo                     | 10 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 1,6                      | 130                        | 30 a 100                      |
| 2 Cuartos niñas (0-5) años  | 2x5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 2,1                      | 185                        | 100 a 200                     |
|                             | 2x5 lámpara bulbo LED E27              | 14           |                          |                            |                               |
| 2 Cuartos niños (5-13) años | 2x5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 2,1                      | 185                        | 100 a 200                     |
|                             | 2x5 lámpara bulbo LED E27              | 14           |                          |                            |                               |

#### 5.4. MODULO 3B ( HOSPITALIZACION PEDIATRICA)

##### UCI niñas



**Figura 5.7. Sistema de iluminación propuesta para el área de UCI niñas**

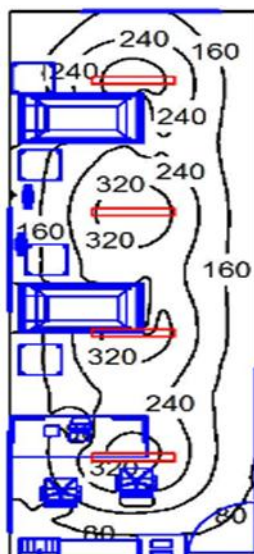


Figura 5.8. Representación de las curvas isolíneas en el plano

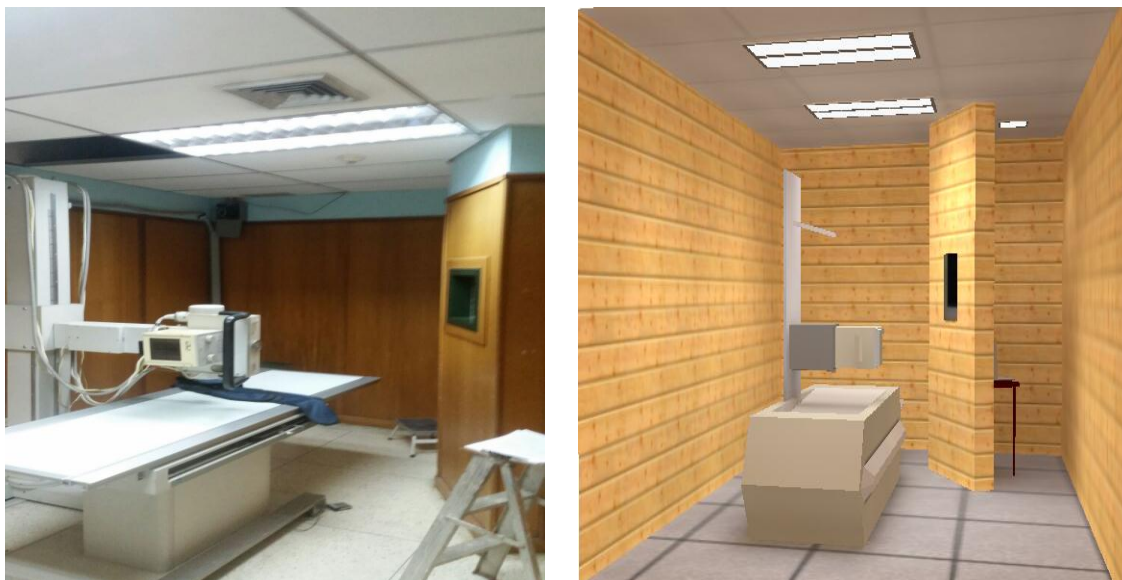
Tabla 5.4. Estudio de las demás áreas del módulo 3B (Hospitalización Pediátrica)

| Área                        | Lámparas Propuestas                    | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|-----------------------------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| UCI niñas                   | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 1,02                     | 195                        | 200 a 500                     |
| UCI niños                   | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 1,1                      | 190                        | 200 a 500                     |
| Deposito General            | 2 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 1,3                      | 76                         | 50 a 100                      |
| Estar de enfermera          | 2 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 1,1                      | 170                        | 100 a 200                     |
| Pasillo                     | 10 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 1,2                      | 145                        | 100 a 200                     |
| 2 Cuartos niñas (5-13) años | 2x5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 2,1                      | 185                        | 100 a 200                     |
|                             | 5 lámpara bulbo LED E27                | 14           |                          |                            |                               |
| 2 Cuartos niños (0-5) años  | 2x5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 2,1                      | 185                        | 100 a 200                     |
|                             | 5 lámpara bulbo LED E27                | 14           |                          |                            |                               |

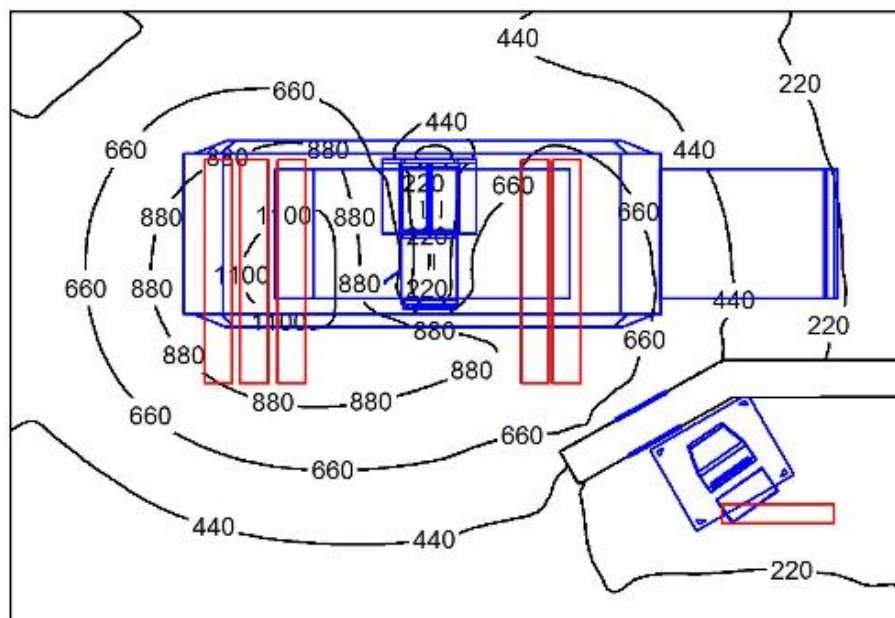
## 5.5. MODULO 4 (SERVICIOS GENERALES)

### Sala de rayos X

Se propone un nuevo sistema de iluminación que sustituirá el actual usando 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) con un flujo luminoso de 2000lm, una potencia de 17Wy 1 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm) con un flujo luminoso de 1200lm, una potencia 9W obteniendo una iluminancia media de 514lux general y 150 en el área de pantalla, cumpliendo con el valor medio establecido por la norma COVENIN 2249-93 y una VEEI de 1,16 óptimo.



**Figura 5.9. Sistema de iluminación propuesta para el área de Rayos X**



**Figura 5.10. Representación de las curvas isométricas en el plano**

**Tabla 5.5. Estudio de las demás áreas del módulo 4 (Servicios Generales)**

| Área                 | Lámparas Propuestas                   | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Rayos X              | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 1,16                     | 514                        | 250 a 1000                    |
|                      | 1 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)   | 9            |                          |                            |                               |
| Depósito de Medicina | 15 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 0,9                      | 380                        | 200 a 500                     |
| Banco de Sangre      | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 0,7                      | 780                        | 500 a 100                     |
| Historias Pediatra   | 12 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 0,6                      | 745                        | 500 a 1000                    |
| Historias Obstetra   | 12 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 0,6                      | 745                        | 500 a 1000                    |
| Toma de muestras     | 14 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 0,5                      | 745                        | 500 a 1000                    |
| Pasillo              | 55 lámpara bulbo LED E27              | 7            | 1,9                      | 154                        | 100 a 200                     |
| Inmunización         | 3 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)   | 9            | 0,9                      | 400                        | 200 a 500                     |
| Laboratorios         | 21 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 0,8                      | 780                        | 500 a 1000                    |

## 5.6. MODULO 5A (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA)

### Cuartos



Figura 5.11. Sistema de iluminación propuesta para el área de Cuartos.

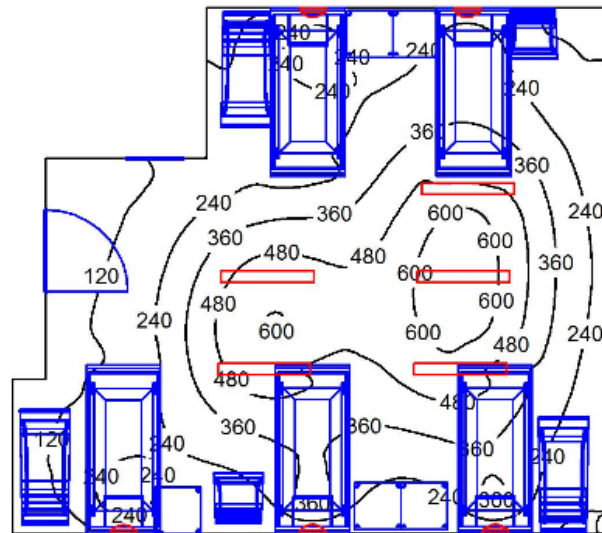


Figura 5.12. Representación de las curvas isólineas en el plano.

**Tabla 5.6. Estudio de las demás áreas del módulo 5A (Hospitalización gineco-obstetra).**

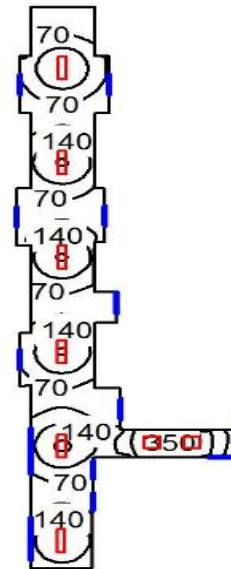
| Área    | Lámparas Propuestas                   | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|---------|---------------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Cuartos | 5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)  | 17           | 1.58                     | G 246                      | 100 a 200                     |
|         | 5 lámpara bulbo LED E27               | 14           |                          | C 312                      | 300                           |
| 9 Baños | 9x2 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm) | 9            | 1.1                      | 150                        | 100 a 200                     |
| Pasillo | 10 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 1.2                      | 135                        | 100 a 200                     |

## 5.7. MODULO 5B (HOSPITALIZACION GINECO-OBSTETRA)

### Pasillo



**Figura 5.13. Sistema de iluminación Propuesta para el área de Parto**



**Figura 5.14. Representación de las curvas isométricas en el plano**

En el área de los pasillos se propone el uso de regulación y control de la iluminación mediante sensores de movimientos excluyendo los pasillos de emergencia.

**Tabla 5.7. Estudio de las demás áreas del módulo 5B (Hospitalización gineco-obstetra)**

| Área      | Lámparas Propuestas                    | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|-----------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Pasillos  | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)   | 17           | 1,2                      | 140                        | 100 a 200                     |
|           | 2 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)    | 9            |                          |                            |                               |
| 6 Cuartos | 6x5 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm) | 17           | 1,9                      | 185                        | 100 a 200                     |
|           | 6x6 lámpara bulbo LED E27              | 14           |                          |                            |                               |
| 9 Baños   | 9x2 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)  | 9            | 1,1                      | 150                        | 100 a 200                     |

## 5.8. MODULO 6 (CONSULTA EXTERNA)

### Consultorio Odontológico



**Figura 5.15. Sistema de iluminación propuesta para el área de Consultorio Odontológico**

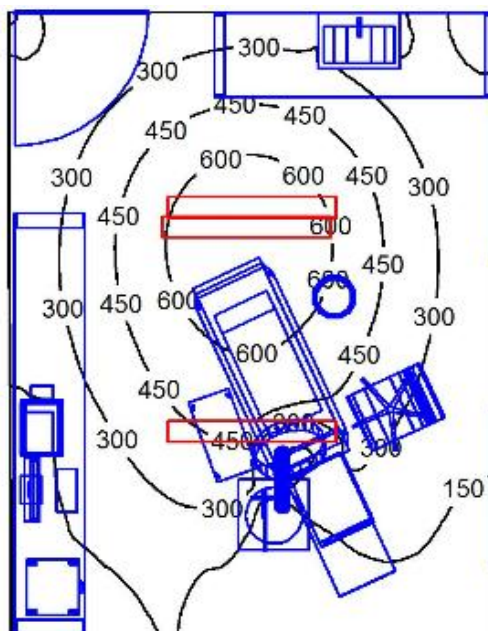


Figura 5.16. Representación de las curvas isométricas en el plano

Tabla 5.8. Estudio de las demás áreas del módulo 6 (Consulta Externa)

| Área                     | Lámparas Propuestas                            | Potencia (W) | VEEI (W/m <sup>2</sup> ) | Iluminancia obtenida (lux) | Iluminancia recomendada (lux) |
|--------------------------|--|--------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| Consultorio odontológico | 2 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)           | 17           | 0,79                     | 350                        | 200 a 500                     |
|                          | 1 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)            | 9            |                          | 780                        | 500 a 1000                    |
|                          | 4 luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED | 21           |                          |                            |                               |
| 8 Consultorios           | 8x9 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)         | 17           | 0,7                      | 340                        | 200 a 500                     |
| 2 Baños públicos         | 2x2 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)         | 17           | 1,1                      | 150                        | 100 a 200                     |
|                          | 2x2 Tubo LED T8 Philips 452045 (60cm)          | 9            |                          |                            |                               |
| Salón de usos múltiples  | 6 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)           | 17           | 2,2                      | 165                        | 100 a 200                     |
| Pasillo                  | 9 Tubo LED T8 Philips 456566 (120cm)           | 17           | 1,3                      | 151                        | 100 a 200                     |



## 5.9. DEMANDA MAXIMA DE POTENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACION PROPUESTO

La demanda máxima del sistema de iluminación se obtiene usando la ecuación (4.1) con los datos de la tabla 5.9 se tiene,

$$Dmax_{(w)} = 1 * 14.024 = 14.024 w$$

**Tabla 5.9. Potencia de las luminarias propuestas con tecnología LED**

| Nº de lámparas        | Tipo de lámpara                              | Potencia (W) | Flujo luminoso (lm) | Potencia total (W) |
|-----------------------|--|--------------|---------------------|--------------------|
| 541                   | Tubo LED Philips T8 120 (cm)                 | 17           | 1400                | 9.197              |
| 64                    | Tubo LED Philips T8 60 (cm)                  | 18           | 1200                | 1.152              |
| 130                   | Bulbo LED Philips E27                        | 14           | 1400                | 1.820              |
| 55                    | Bulbo LED Philips E27                        | 7            | 600                 | 385                |
| 70                    | Luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED | 21           | 1288                | 1.470              |
| <b>Potencia total</b> |  |              |                     | <b>14.024</b>      |

## 5.10. CONSUMO ENERGETICO Y ECONOMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y PROPUESTO

Para calcular el consumo energético del sistema actual se debe tomar la demanda máxima que se calculó en el capítulo anterior en la tabla 4.7 de 36.684W y según la gaceta oficial N° 37.415 el precio medio de la energía consumida en kilo vatios hora (kWh) es de 0,02836 Bs/F ya que su demanda asignada contratada es mayor o igual de 10.000kVA, basándose en el horario del trabajo del recinto con un uso diario de alumbrado de 24 horas durante los 365 días del año, con lo cual el funcionamiento es de 8.760 horas al año. En la siguiente tabla 5.9 se podrá apreciar la valoración energética y económica.

**Tabla 5.10. Estudio energético y económico del sistema de iluminación actual**

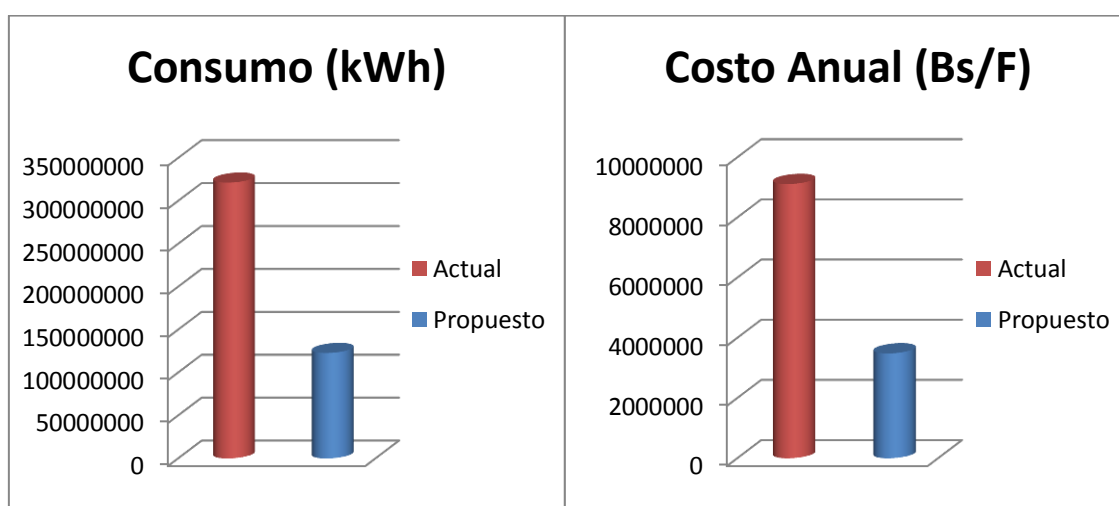
| <b>Demanda máxima actual (W)</b> | <b>Consumo anual del sistema actual (kWh)</b> | <b>Precio medio (Bs.f/kWh)</b> | <b>Gastos anual del sistema actual (Bs.f)</b> |
|----------------------------------|---|--------------------------------|---|
| 36.684                           | 321.351.840                                   | 0,02836                        | 9.113.538,1824                                |

Para el sistema de iluminación propuesto con la tecnología LED, se aplican las mismas horas de funcionamiento anual y el precio de energía, obteniendo así los siguientes resultados en la tabla 5.10.

**Tabla 5.11. Estudio energético y económico del sistema de iluminación propuesto**

| <b>Demanda máxima propuesta (W)</b> | <b>Consumo anual del sistema propuesto (kWh)</b> | <b>Precio medio (Bs.f/kWh)</b> | <b>Gastos anual del sistema propuesto (Bs.f)</b> |
|-------------------------------------|--|--------------------------------|--|
| 14.024                              | 122.850.240                                      | 0,02836                        | 3.484.032,8064                                   |

En la siguiente figura se podrá apreciar de manera fácil la comparación del consumo energético y económico del sistema de iluminación actual y el propuesto.



**Figura 5.17. Comparación del consumo energético y costo anual del sistema de iluminación actual y propuesta**

Al observar la figura 5.17 se puede detallar la gran diferencia que existe entre el sistema de iluminación actual y el propuesto tanto en consumo (kWh), como en el costo anual (Bs/F) de una manera muy significativa logrando así una viabilidad en la propuesta diseñada, cabe destacar que dicha propuesta debe cumplir con el estudio económico correspondiente que se realizara a continuación.

## 5.11. ANALISIS DEL SISTEMA ECONOMICO DEL SISTEMA DE ILUMINACION ACTUAL Y PROPUESTO

Para el estudio económico del sistema de iluminación actual y propuesto con la tecnología LED se utilizará el método del costo anual uniforme equivalente (CAUE) este criterio es muy utilizado cuando se tienen proyectos que solo involucran costos, este permite comparar proyectos con diferentes vidas útiles, ya que mantienen unas cuotas fijas. La propuesta que tenga un menor CAUE es la más viable.

$$CAUE = \text{Costo inicial } (A/P, i\%, n) + \text{Gasto anual} \quad (5.1)$$

$$\left(\frac{A}{P}, i\%, n\right), = \frac{i*(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (5.2)$$

Para calcular el CAUE del sistema actual se tomará como condición la sustitución total de las lámparas fluorescente que cumple con los niveles de iluminación recomendadas por las normas COVENIN 2249-93 para la concordancia con la vida útil.

El costo inicial del sistema actual y propuesto fue facilitado por la empresa SALPEÑA C.A el 12 de enero del 2017.

**Tabla 5.12. Presupuesto de Sistema Actual**

| <b>Cantidad</b> | <b>Descripción</b>              | <b>p.u</b>    | <b>Total</b> |
|-----------------|---------------------------------|---------------|--------------|
| 900             | F. lineal T8 120 (cm)           | 20.000        | 18.000.000   |
| 80              | F. lineal T8 60 (cm)            | 14.000        | 1.120.000    |
| 179             | Fluorescente Compacta           | 11.000        | 1.969.000    |
| 70              | Luminaria para áreas localizada | No Disponible | 0            |
|                 | <b>Sub-Total</b>                |               | 21.089.000   |
|                 | <b>I.V.A 12%</b>                |               | 2.530.680    |
|                 | <b>Total</b>                    |               | 23.619.680   |

**Tabla 5.13. Presupuesto de Sistema Propuesto con tecnología LED**

| <b>Cantidad</b> | <b>Descripción</b>                           | <b>p.u</b>    | <b>Total</b> |
|-----------------|--|---------------|--------------|
| 541             | Tubo LED T8 120 (cm)                         | 50.000        | 27.050.000   |
| 64              | Tubo LED T8 60 (cm)                          | 85.000        | 5.440.000    |
| 130             | Bulbo LED E27                                | 50.000        | 6.500.000    |
| 55              | Bulbo LED E27                                | 40.000        | 2.200.000    |
| 70              | Luminarias HAVELLS SYLAVANIA 2052656 LED LED | No disponible | 0            |
|                 | <b>Sub-Total</b>                             |               | 41.190.000   |
|                 | <b>I.V.A 12%</b>                             |               | 4.942.800    |
|                 | <b>Total</b>                                 |               | 46.132.800   |

Las lámparas del sistema actual tienen en promedio una vida útil de 11.000 horas, recordando que las horas de funcionamiento del recinto son de 8.760 horas al año y en efecto la vida estimada para el sistema de iluminación actual es de 1.25 años con un costo anual de energía de 9.113.538,1824 Bs/F y tomando una tasa de interés mínima atractiva del 24%, la cual es usada en los bancos de la República Bolivariana de Venezuela

$$CAUE_{actual} = Costo_{inicial_{actual}} * (A/P, i \%, n) + Costo_{anual_{actual}}$$

$$CAUE_{actual} = 23.619.680 * (A/P, 24 \%, 1) + 9.113.538,1824$$

$$CAUE_{actual} = 38.401.941,38 \text{ Bs/F}$$

Para las lámparas del sistema propuesto con la tecnología LED tiene en promedio una vida útil de 40.000 horas, por lo tanto la vida estimada para el sistema de iluminación actual es de 4,56 años con un costo anual de energía de 3.484.032,8064Bs/F.

$$CAUE_{propuesto} = Costo_{inicialpropuesto} * (A/P, i \%, n) + Costo_{anualpropuesto}$$

$$CAUE_{propuesto} = 46.132.800 * (A/P, 24\%, 5) + 3.484.032,8064$$

$$CAUE_{propuesto} = 18.246.528,81 \text{ Bs/F}$$

En comparación se tiene:

$$CAUE_{propuesto} < CAUE_{actual}$$

$$18.246.528,81 < 38.401.941,3824$$

Obteniendo así un ahorro del 52,48%, por lo cual se deduce que el sistema de iluminación propuesto con la tecnología LED es económicamente viable y es una solución de eficiencia energética en la iluminación en el Materno Infantil Dr Darío Maldonado, cabe añadir que esta propuesta genera ahorro en cuanto al consumo de energía y de costo, las características lumínicas son mucho más eficiente, los índice de reproducción cromática son elevados como el rendimiento luminoso, asimismo una larga vida útil en comparación con respecto a las lámparas actuales instaladas.

## CONCLUSIONES

Al analizar el sistema de alumbrado existente en las diversas áreas del Centro Materno Infantil se concluye que presenta fallas en la iluminación por el deterioro, la falta de mantenimiento y la sustitución de las lámparas.

La falta de iluminación en diversas áreas ocasiona dificultades en el desarrollo normal del personal obrero, usuarios y profesionales de la salud, ya que los niveles no son los recomendados por la norma COVENIN para realizar sus respectivas funciones.

El valor de la eficiencia energética de la instalación (VEEI) en el sistema actual se mantiene en el intervalo medio-óptimo, sin embargo el sistema propuesto con la tecnología LED se obtiene un VEEI bastante óptimo cumpliendo así con lo estipulado sobre la eficiencia energética.

Al hacer el estudio económico se logró apreciar que a pesar de la gran inversión que requiere el sistema propuesto con LED sigue siendo más viable, ya que genera un ahorro en el consumo de energía y costos anuales para la mejora en las áreas de los maternos y así prestar un servicio adecuado.

Es indispensable acotar que las lámparas LED poseen una larga vida útil y no requieren mantenimiento por lo que su sustitución por deterioro va ser según lo estudiado de 4 años en cambio las fluorescentes a los 2 años. Con la herramienta DIALux 4.2 se logró diseñar y calcular el sistema de iluminación actual y propuesta obteniendo así datos específicos que arroja el programa para una mejor solución.

## RECOMENDACIONES

Es necesario saber a la hora de diseñar la iluminación de un área cual va ser su funcionalidad o en qué momento puede variar de propósito de manera que siempre cumpla con el nivel de iluminación adecuado para proporcionar condiciones de confort y calidad.

Las características fotométricas, colorimétricas, la temperatura y rendimiento de color son unos factores importante para la comparación entre las lámpara LED y las Fluorescente.

Gracias a la innovación de la tecnología medir la iluminación en un áreas se puede lograr con un teléfono *android* gracias a su sensor de luz y una aplicación en google play, pero se debe tener en consideración que el equipo sea de alta gama, ya que se puede obtener una medición erróneas por no contar con el sensor de luz RGB.

Un proyectista debe tener en cuenta todos los parámetros necesarios para solucionar o diseñar un sistema de iluminación como: necesidades del área, consumo energético, costos anuales y de inversión, disponibilidad y selección adecuada de las luminarias y por último el estudio económico donde se considere si es factible.

## REFERENCIAS

CODELECTRA. (2004). *Código eléctrico nacional, normas venezolana*. Febrero, 28, 2004

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela. (2002). *Gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela*, 37.415, Abril 03, 2002.

Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). (1993). *Iluminación de tareas y áreas de trabajo*. Abril, 14, 1993.

DIN 5035-2.(1979). *Artificial lighting of interiors; guide values for workplaces*. Organism nacional de normalizaciones de alemania. 1979

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. (2001). *Guía técnica de eficiencia Eficiencia Energética en iluminación. Hospitales y Centro de Atención Primaria*. Madrid: editorial IDAE

Moreno, Luz. (2012). *Luminotecnia: El arte de la correcta iluminación*. AKαDEMIA. Consejo de Publicaciones Universidad de Los Andes. Mérida. Depósito Legal: PPX200602ME2164. ISSN – 1856-4496.