



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

ANÁLISIS DEL USO DE ILUMINACIÓN CIRCADIANA COMO ESTRATEGIA DE APOYO

PARA ATENUAR LOS PROBLEMAS DE INSOMNIO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERA BIOMÉDICA

PRESENTADO POR:

22051057 DAVID UZIEL ZALDÍVAR GÓMEZ

22111204 JOSÉ DANIEL SOLÍS FAJARDO

ASESOR: REYNA VALLE

SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.

MARZO, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, José Neftalí Zaldívar Castellanos, un hombre a quien siempre admiraré por su dedicación y responsabilidad en todo lo que hace, quien ha velado por mi bienestar y ha puesto mi vida por encima de la suya sin esperar nada a cambio. A María del Carmen Gómez Mejía, una mujer inefable a quien le debo la formación de mi carácter y mi manera de ser, quien no ha dudado en posponer sus propios sueños y deseos más grandes para que yo pueda cumplir los míos. Es por ello por lo que dedico este trabajo a estas dos maravillosas personas, quienes merecen mucho más de lo que la vida y Dios les han otorgado. Espero, de alguna manera, retribuirles siquiera una fracción de todo lo que han hecho por mí.

Asimismo, dedico esta tesis a mis hermanos, José Nefthaly y Gracia Sophia, y a mis abuelos, José Neptalí y María Amelia, a quienes amo y valoro con todo mi corazón, deseándoles siempre lo mejor en sus vidas. También a José Felipe y Rosalía, quienes me cuidan desde el cielo y de quienes estoy seguro de que estarían orgullosos de mí.

- *David Uziel Zaldívar*

Quiero dedicar esta tesis a mi papá, Edy Solís, y a mi mamá, Maura Fajardo. Sin la lucha y el sacrificio que han hecho por mí, no estaría realizando esta tesis previo a mi título de ingeniero biomédico. Ambos han sido mi pilar y las personas que siempre estuvieron para mí en todo momento, a pesar de que hubiera tiempos en los que sintiera que la carga era difícil de soportar. Gracias por su apoyo incondicional, amor, y consejos que tanto me han servido para estar donde estoy.

A mis hermanos, Edy y Andrés, que han sido mi inspiración y quienes he tratado de seguir sus huellas, les dedico este pequeño logro. Sus éxitos, disciplina y determinación en cada cosa que hacen, me han motivado a dar siempre lo mejor de mí.

Por último, dedico este trabajo a mis seres queridos que ya no están físicamente conmigo, pero que sus enseñanzas y recuerdos siguen presentes en mi vida. Sé que me han ido acompañando y cuidando en cada paso de este camino. Este logro también es de ellos.

- *José Daniel Solís*

AGRADECIMIENTOS

Se quiere empezar dando gracias a Dios por brindarnos la oportunidad de culminar esta etapa, que ha sido de gran aprendizaje tanto a nivel académico como personal. A nuestros padres, que son el motivo por el cual hemos salido adelante, estamos eternamente agradecidos por todo lo que nos han dado y enseñado.

Gracias a cada uno de los participantes que aceptó formar parte del estudio y por el tiempo que nos dedicaron durante estas tres semanas; sin su colaboración, este estudio no habría sido posible. También se quiere agradecer a nuestros compañeros, quienes nos acompañaron durante las semanas de montaje y exposición del recinto; su compañía y ayuda hicieron que la realización de esta tesis fuera un proceso más agradable y que disfrutáramos mucho.

A nuestro asesor metodológico Reyna Valle quien ha estado a nuestra disposición en todo tiempo y que ha apoyado en cada una de las fases de nuestro proyecto. Queremos agradecerle por su paciencia a lo largo de toda la carrera y por su pasión y dedicación por formar los profesionales que seremos al terminar este hermoso camino que decidimos empezar.

A todo cuerpo docente, que se dedicó a transmitir sus conocimientos hacia nosotros para que podamos destacar entre los demás, especialmente al ingeniero Juan Panting, muchas gracias por su dedicación y pasión por la enseñanza, así como por compartir conocimientos y experiencias que nos han ido preparando para enfrentar cualquier desafío del campo laboral que están por venir. Al ingeniero Manuel Gamero que siempre destacó por dar la milla extra, no solo preparándonos en lo que el contexto ingenieril comprende, sino que, yendo siempre más allá de los sílabos, preparándonos para cualquier adversidad se nos pueda presentar. Al ingeniero Stefany García quien siempre tiene la mejor voluntad para apoyar a sus alumnos en los temas de electrónica y que como persona es muy especial, cálida y amable con todas las demás.

Asimismo, agradecemos a los amigos que hicimos durante nuestra trayectoria, aquellos que nos brindaron su apoyo, compañía y risas a lo largo de este camino. Cada momento que pasamos con ellos ha sido invaluable y nos lo llevamos en el corazón.

EPÍGRAFE

*"Si la vida te puso esa idea en la cabeza,
es porque conoce lo capaz que eres de lograrlo".*

RESUMEN EJECUTIVO

Un enfoque no farmacológico para mejorar la calidad de sueño resulta fundamental ante la alta prevalencia de insomnio y la inadecuada higiene del sueño en personas de diversas edades. Este estudio analizó el uso de iluminación circadiana como estrategia de apoyo para mitigar los problemas del insomnio. Las pruebas se llevaron a cabo con dos grupos de estudiantes universitarios de UNITEC San Pedro Sula: el grupo control, conformados por individuos sin problemas para dormir, y el grupo con síntomas de insomnio, integrado por individuos con problemas para dormir. Se monitoreó a los estudiantes llevando un diario del sueño y registrando las fases del sueño mediante el uso de un reloj inteligente al momento de dormir durante 3 etapas: pre-exposición, durante la exposición, y post-exposición a la iluminación circadiana. Los resultados mostraron que, durante la semana de exposición a la iluminación circadiana, el 100% de los participantes del grupo con síntomas de insomnio experimentaron una mejora en la duración del sueño profundo, una fase esencial para la restauración física, la consolidación de la memoria y la regulación del sistema inmunológico. Además, el 83.3% mejoró su tiempo promedio en la fase REM y el tiempo total de sueño (TTS). En el grupo control, el 83.3% también mostró una mejora en la duración del sueño REM durante el periodo de exposición; sin embargo, solo el 16.7% aumentó el tiempo de sueño profundo y el 50% mejoró su TTS. Adicionalmente, los participantes de ambos grupos reportaron una disminución en el número de despertares nocturnos y una mejor percepción al despertar, manifestada en una mayor sensación de energía y relajación al inicio del día.

Palabras claves: iluminación circadiana, insomnio, calidad de sueño, tratamiento

ABSTRACT

A non-pharmacological approach to improving sleep quality is essential given the high prevalence of insomnia and inadequate sleep hygiene across various age groups. This study analyzed the use of circadian lighting as a supportive strategy to mitigate insomnia-related issues. The tests were conducted with two groups of university students from UNITEC San Pedro Sula: the control group, composed of individuals without sleep problems, and the group with insomnia symptoms, consisting of individuals experiencing sleep difficulties. The students were monitored by keeping a sleep diary and recording their sleep phases using a smartwatch during three stages: pre-exposure, during exposure, and post-exposure to circadian lighting. The results showed that during the week of circadian lighting exposure, 100% of the participants in the group with insomnia symptoms experienced an improvement in deep sleep duration—an essential phase for physical restoration, memory consolidation, and immune system regulation. Additionally, 83.3% improved their average time in the REM phase and their total sleep time (TST). In the control group, 83.3% also showed improvement in REM sleep duration during the exposure period; however, only 16.7% increased their deep sleep time, and 50% improved their TST. Furthermore, participants in both groups reported a reduction in the number of nocturnal awakenings and an improved perception upon waking, characterized by greater feelings of energy and relaxation at the start of the day.

Keywords: circadian lighting, insomnia, sleep quality, treatment

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
II.	ESTADO DEL ARTE	5
2.1	ANTECEDENTES.....	5
2.1.1	RELOJ CIRCADIANO	5
2.1.2	SUEÑO.....	7
2.1.2.1	ETAPAS DEL SUEÑO	9
2.1.3	TRASTORNOS DEL SUEÑO	9
2.1.3.1	INSOMNIO	11
2.1.3.2	FORMAS DE DIAGNOSTICO	14
2.1.3.3	TRATAMIENTOS	16
2.1.2.3.1	TRATAMIENTOS FARMACOLÓGICOS PARA EL INSOMNIO	17
2.1.2.3.2	TRATAMIENTOS NO FARMACOLÓGICOS PARA EL INSOMNIO	18
2.1.4	ILUMINACIÓN CIRCADIANA	20
2.2	PROBLEMÁTICA.....	22
2.3	IMAGEN INTEGRADORA.....	25
2.4	TABLA DE LIMITACIONES.....	26
III.	OBJETIVOS	28
3.1	OBJETIVO GENERAL	28
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
IV.	MÉTODOS.....	29
4.1	ENFOQUE.....	29
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	30
4.2.1	VARIABLES DEPENDIENTES.....	30
4.2.2	VARIABLES INDEPENDIENTES	30
4.3	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS.....	31
4.3.1	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	31
4.3.1.1	Smartwatch.....	31
4.3.1.2	Luxómetro	32
4.3.2	DISPOSITIVOS MÉDICOS	32
4.3.2.1	Oxímetro de Pulso	33
4.3.3	INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN.....	33
4.3.3.1	Índice de calidad del sueño de Pittsburgh (PSQI)	33
4.3.3.2	Índice de severidad de Insomnio (ISI)	36
4.3.3.3	Encuestas.....	36
4.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	37
4.5	METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	38
4.5.1	CARACTERÍSTICAS DEL PARTICIPANTE.....	38
4.5.2	DEFINICIÓN DEL ESPACIO.....	39
4.5.3	ACTIVIDADES PRE-TERAPIA.....	39
4.5.4	APLICACIÓN DE LA TERAPIA.....	39
4.5.5	SEGUIMIENTO POST TERAPIA	40

4.5.6	ANÁLISIS DE DATOS.....	40
4.5.7	VALIDACIÓN PROFESIONAL	40
4.6	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN.....	41
4.6.1	VALIDACIÓN CON LA LITERATURA.....	41
4.6.2	INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN	41
4.6.3	SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES.....	42
4.6.4	OPINIÓN DE PROFESIONALES DE SALUD.....	42
4.7	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	43
4.8	OPERACIÓN DE LAS VARIABLES	44
4.9	MATRIZ METODOLÓGICA	46
V.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	48
5.1	PARTICIPANTES.....	48
5.1.1	Grupo control.....	50
5.1.2	Grupo con síntomas de insomnio	50
5.2	CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO	51
5.2.1	BOMBILLOS LED UTILIZADOS	52
5.2.2	CÁLCULO DEL FLUJO LUMINOSO	53
5.2.3	ILUMINANCIA PROMEDIO DEL RECINTO.....	57
5.2.4	CONEXIÓN ELÉCTRICA	59
5.2.5	DIAGRAMA UNIFILAR.....	60
5.3	REGISTROS PRE-EXPOSICIÓN.....	61
5.3.1	FASES DEL SUEÑO	61
5.3.2	DIARIO DEL SUEÑO	67
5.4	REGISTROS DURANTE LA EXPOSICIÓN	73
5.4.1	EXPOSICIÓN A LA ILUMINACIÓN CIRCADIANA.....	76
5.4.2	FASES DEL SUEÑO	80
5.4.3	DIARIO DEL SUEÑO	84
5.5	REGISTROS POST-EXPOSICIÓN	90
5.5.1	FASES DE SUEÑO	90
5.5.2	DIARIO DEL SUEÑO	94
5.6	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN	100
5.7	VALIDACIÓN CON PROFESIONALES DE SALUD	102
5.8	LIMITACIONES	105
VI.	DISCUSIÓN.....	107
6.1	COMPARACIÓN DE DATOS ENTRE ETAPAS DEL ESTUDIO.....	107
6.1.1	COMPARACIÓN PRE-EXPOSICIÓN VS. EXPOSICIÓN A LA TERAPIA	107
6.1.2	COMPARACIÓN PRE-EXPOSICIÓN VS. POST EXPOSICIÓN	112
6.1.3	EVALUACIÓN DEL DIARIO DEL SUEÑO EN LAS 3 ETAPAS	114
VII.	CONCLUSIONES.....	119
7.1	CONCLUSIÓN GENERAL	119
7.2	CONCLUSIONES PARCIALES	119
VIII.	RECOMENDACIONES.....	121

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS.....	134

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1: EXPERIMENTO DE JEAN JACQUES D'ORTOUS.....	6
ILUSTRACIÓN 2: IMAGEN INTEGRADORA.....	25
ILUSTRACIÓN 3: VARIABLES DEPENDIENTE E INDEPENDIENTES	31
ILUSTRACIÓN 4: OXÍMETRO DE PULSO.....	33
ILUSTRACIÓN 5: POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
ILUSTRACIÓN 6: METODOLOGÍA DEL ESTUDIO.....	41
ILUSTRACIÓN 7: ESPACIO DONDE SE REALIZÓ LA EXPOSICIÓN A LA LUZ	52
ILUSTRACIÓN 8: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE BOMBILLOS UTILIZADOS.....	53
ILUSTRACIÓN 9: FACTOR DE UTILIZACIÓN.....	55
ILUSTRACIÓN 10: MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN MEDIANTE MÉTODO DE CUADRICULA.....	58
ILUSTRACIÓN 11: DISTRIBUCIÓN DE LUZ SOBRE LA SUPERFICIE.....	58
ILUSTRACIÓN 12: VISTA FRONTAL Y SUPERIOR DEL ESPACIO DE EXPOSICIÓN	60
ILUSTRACIÓN 13: DIAGRAMA UNIFILAR DE CONEXIÓN DE ILUMINACIÓN	60
ILUSTRACIÓN 14: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO PRE-EXPOSICIÓN EN GRUPO CONTROL	62
ILUSTRACIÓN 15: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO PRE-EXPOSICIÓN EN GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO.....	63
ILUSTRACIÓN 16: DÍAS PRE-EXPOSICIÓN DENTRO DEL RANGO ADECUADO SEGÚN LITERATURA	66
ILUSTRACIÓN 17: DÍAS PRE-EXPOSICIÓN CON DURACIÓN DE SUEÑO SUPERIOR A 7 HORAS.....	67
ILUSTRACIÓN 18: HORA DE ACOSTARSE VS HORA DE DORMIRSE.....	68
ILUSTRACIÓN 19: HORARIOS EN QUE SE LEVANTARON LOS SUJETOS DURANTE LOS 5 DÍAS DE EXPOSICIÓN	68
ILUSTRACIÓN 20: PUNTAJE DE CALIDAD DEL SUEÑO.....	69
ILUSTRACIÓN 21: POSIBLES FACTORES QUE AFECTARON EL SUEÑO	70
ILUSTRACIÓN 22: HÁBITOS ANTES DE IR A DORMIR.....	70
ILUSTRACIÓN 23: TIEMPO DE EXPOSICIÓN A PANTALLAS.....	71
ILUSTRACIÓN 24: SENSACIÓN AL DESPERTAR LA MAÑANA SIGUIENTE.....	72
ILUSTRACIÓN 25: FRECUENCIA DE DESPERTARES NOCTURNOS	72
ILUSTRACIÓN 26: MEDICIÓN DE FRECUENCIA CARDIACA CON OXÍMETRO.....	74
ILUSTRACIÓN 27: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 100%.....	77
ILUSTRACIÓN 28: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 50%	77
ILUSTRACIÓN 29: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 25%	78
ILUSTRACIÓN 30: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 10%	78

ILUSTRACIÓN 31: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 1%.....	79
ILUSTRACIÓN 32: INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN AL 0.1%	79
ILUSTRACIÓN 33: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO DURANTE EXPOSICIÓN EN GRUPO CONTROL	80
ILUSTRACIÓN 34: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO DURANTE EXPOSICIÓN EN GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO	81
ILUSTRACIÓN 35: DÍAS DURANTE EXPOSICIÓN DENTRO DEL RANGO ADECUADO SEGÚN LITERATURA	82
ILUSTRACIÓN 36: DÍAS DURANTE EXPOSICIÓN CON DURACIÓN DE SUEÑO SUPERIOR A 7 HORAS	84
ILUSTRACIÓN 37: HORA DE ACOSTARSE VS DORMIRSE EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	85
ILUSTRACIÓN 38: HORARIO EN EL QUE DESPERTARON LOS SUJETOS EN LA SEMANA DE EXPOSICIÓN	86
ILUSTRACIÓN 39: CALIDAD DEL SUEÑO EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	86
ILUSTRACIÓN 40: POSIBLES FACTORES QUE AFECTARON EL SUEÑO EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	87
ILUSTRACIÓN 41: HÁBITOS ANTES DE IR A DORMIR EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	88
ILUSTRACIÓN 42: TIEMPO DE EXPOSICIÓN A PANTALLAS EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	88
ILUSTRACIÓN 43: SENSACIÓN AL DESPERTAR DURANTE LA SEMANA DE EXPOSICIÓN	89
ILUSTRACIÓN 44: CANTIDAD DE DESPERTARES NOCTURNOS DURANTE LA SEMANA DE EXPOSICIÓN	90
ILUSTRACIÓN 45: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO POST-EXPOSICIÓN EN GRUPO CONTROL.....	91
ILUSTRACIÓN 46: DURACIÓN PROMEDIO DE LAS FASES DE SUEÑO POST-EXPOSICIÓN EN GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO	92
ILUSTRACIÓN 47: DÍAS POST-EXPOSICIÓN DENTRO DEL RANGO ADECUADO SEGÚN LITERATURA.....	93
ILUSTRACIÓN 48: DÍAS POST-EXPOSICIÓN CON DURACIÓN DE SUEÑO SUPERIOR A 7 HORAS	94
ILUSTRACIÓN 49: HORA DE ACOSTARSE VS HORA DE DORMIRSE EN SEMANA POST EXPOSICIÓN	95
ILUSTRACIÓN 50: HORARIO DE DESPERTAR DE LOS SUJETOS POST TERAPIA	95
ILUSTRACIÓN 51: PUNTAJE CALIDAD DEL SUEÑO POST EXPOSICIÓN	96
ILUSTRACIÓN 52: FACTORES QUE AFECTARON EL SUEÑO EN SEMANA POST EXPOSICIÓN	97
ILUSTRACIÓN 53: HÁBITOS ANTES DE IR A DORMIR	97
ILUSTRACIÓN 54: PROMEDIO DE EXPOSICIÓN A PANTALLAS POST TERAPIA	98
ILUSTRACIÓN 55: SENSACIONES AL DESPERTAR POST EXPOSICIÓN	99
ILUSTRACIÓN 56: FRECUENCIA DE DESPERTARES EN SEMANA DE EXPOSICIÓN	99
ILUSTRACIÓN 57: HORAS PROMEDIO PRE-EXPOSICIÓN GRUPO DE CONTROL VS GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO	108
ILUSTRACIÓN 59: HORAS PROMEDIO PRE-EXPOSICIÓN VS POST-EXPOSICIÓN EN GRUPO CONTROL	112
ILUSTRACIÓN 60: HORAS PROMEDIO PRE-EXPOSICIÓN VS POST-EXPOSICIÓN EN GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO	114
ILUSTRACIÓN 61: COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL SUEÑO DURANTE LAS 3 ETAPAS	115
ILUSTRACIÓN 62: COMPARACIÓN DE DESPERTARES DURANTE LAS 3 ETAPAS	116
ILUSTRACIÓN 63: COMPARACIÓN DE SENSACIONES AL LEVANTARSE DURANTE LAS 3 ETAPAS.....	117
ILUSTRACIÓN 64: COMPARACIÓN DEL TIEMPO EN PANTALLA DURANTE LAS 3 ETAPAS	118

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN 1: ÍNDICE DE LOCAL (K)	54
ECUACIÓN 2: FLUJO LUMINOSO TOTAL (ΦT)	56
ECUACIÓN 3: CALCULO DE BOMBILLOS SEGÚN LUMINOSIDAD	56
ECUACIÓN 4: CÁLCULO DE NIVEL DE ILUMINACIÓN PROMEDIO (Em)	59
ECUACIÓN 5: CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE TIEMPO TRASCURRIDO EN CADA FASE DEL SUEÑO	64

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CUADRO DE LIMITACIONES	26
TABLA 2: ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	30
TABLA 3: FASES DEL SUEÑO MEDIDAS POR SMARTWATCH.....	32
TABLA 4: ÍTEMS Y PREGUNTAS A EVALUAR EN EL PSQI.....	34
TABLA 5: ESCALA DE PUNTUACIÓN DEL ISI.....	36
TABLA 6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	43
TABLA 7: OPERACIÓN DE LAS VARIABLES	44
TABLA 8: MATRIZ METODOLÓGICA	46
TABLA 9: INFORMACIÓN DE PARTICIPANTES	49
TABLA 10: GRUPO DE CONTROL	50
TABLA 11: GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO	51
TABLA 12: COEFICIENTE DE REFLEXIÓN	54
TABLA 13: FACTOR DE MANTENIMIENTO (FM)	55
TABLA 14: NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS DE MEDICIÓN (N)	57
TABLA 13: PORCENTAJE DE TIEMPO TRASCURRIDO EN CADA FASE.....	65
TABLA 14: FRECUENCIA PROMEDIO PRE Y POST EXPOSICIÓN.....	75
TABLA 15: TIEMPO PROMEDIO EN FASES DE SUEÑO Y TTS ANTES Y DURANTE EXPOSICIÓN.....	111
TABLA 16: FASES DEL SUEÑO PRE-EXPOSICIÓN	136
TABLA 17: FASES DEL SUEÑO DURANTE EXPOSICIÓN	138
TABLA 18: FASES DEL SUEÑO DURANTE POST-EXPOSICIÓN	140

LISTA DE SIGLAS

REM	Movimiento rápido de los ojos
NREM	Movimiento no rápido de los ojos
AASM	American Academy of Sleep Medicine
ICSD-3	Clasificación Internacional de Trastornos del Sueño, 3ª edición
PSQI	Índice de Calidad del Sueño de Pittsburgh
ISI	Índice de Severidad de Insomnio
PSG	Polisomnografía
%SpO2	Saturación periférica de oxígeno
FC	Frecuencia Cardíaca
TCC	Terapias Cognitivo-Conductual
SHE	Educación del Higiene del Sueño
SCN	Núcleo Supraquiasmático
SWS	Sueño de Ondas Lentas
TTS	Tiempo Total del Sueño
DORAs	Antagonistas Duales de Receptores de Orexina
GABA	Neurotransmisor Inhibitorio Gamma-aminobutírico
nBBRAs	Agonistas de Receptores Benzodiazepínicos no Benzodiazepínicos
SWL	Longitud de Onda Corta
SE	Eficiencia del Sueño
UNITEC	Universidad Tecnológica Centroamericana
TAE	Trastorno Afectivo Estacional
CAB-IN	Evaluación Cognitiva para Pacientes con Insomnio
BDI	Inventario de Depresión de Beck
HAM-A	Escala de Ansiedad de Hamilton

GLOSARIO

1. Sueño: Proceso biológico, encargado de restaurar las reservas cerebrales, fortalecer el sistema inmunológico y consolidar la memoria al procesar la información adquirida (Sejbuk et al., 2022)
2. Reloj Circadiano: Ciclos de 24 horas responsables de coordinar el sueño y la vigilia (Schrader et al., 2024).
3. Insomnio: Dificultad persistente para iniciar, mantener o lograr un sueño reparador, a pesar de contar con las condiciones y oportunidades adecuadas para dormir (Tiseo et al., 2020).
4. PSQI: Cuestionario clínicamente validado para evaluar la calidad de sueño en un intervalo de tiempo de un mes (Grandner et al., 2006).
5. ISI: Herramienta de autoinforme ampliamente utilizada para medir los síntomas, sus consecuencias y el grado de preocupación o angustia asociado al insomnio (Yoon et al., 2024).
6. Polisomnografía: Prueba de referencia utilizada para diagnosticar insomnio y otros trastornos del sueño, como apneas, síndrome de piernas inquietas, narcolepsia o parasomnias (A. Contreras & Pérez, 2021)
7. Núcleo Supraquiasmático: Es el principal reloj biológico de los mamíferos y sincroniza la actividad de la glándula pineal al ciclo luz-oscuridad a través de una vía polisináptica (Guadarrama-Ortiz et al., 2014).
8. Educación de Higiene del Sueño: Conjunto de hábitos saludables que pueden contribuir a mejorar la calidad del sueño en las personas (Ortiz, 2025).
9. Terapias Cognitivo-Conductual: Examina cómo están conectados los pensamientos, emociones y comportamiento, su principio es tener mayor conciencia de los pensamientos negativos para que puedas responder a los retos de una manera más eficaz (Schluger, 2022).
10. Iluminación Circadiana: Tipo de iluminación que imita los cambios de luz natural a lo largo del día con la intención de mantener el ciclo circadiano estable (Marín, 2018).

I. INTRODUCCIÓN

Se conoce como insomnio a la dificultad para conciliar o mantener el sueño, lo que genera la percepción de un descanso no reparador y como consecuencia, afecta significativamente en el desempeño a lo largo del día (Lopez de Castro et al., 2012). Estudios epidemiológicos han evidenciado una tendencia creciente en la prevalencia de esta condición a nivel global. En 2019, se estimó que entre el 6 al 10% de la población mundial padecía insomnio, enfrentando tanto sus efectos nocturnos como sus consecuencias en la funcionalidad diurna (Hernandez et al., 2019). En este contexto, la American Academy of Sleep Medicine, sociedad norteamericana avalada por la comunidad médica y con validez científica, estableció una clasificación del insomnio en función de su duración, causa y características clínicas, entre ellos se encuentra el insomnio agudo y crónico.

El insomnio es cada vez más reconocido como un problema de salud pública, teniendo una prevalencia del 4-36% en adolescentes y 9-50% adultos (Chan et al., 2021). Este es un problema que afecta a todo tipo de persona de todas las edades y, si no se tiene el cuidado y atención necesaria, puede terminar desencadenado en complicaciones aún más graves. Científicamente el insomnio está asociado con una serie de consecuencia negativas, en la que se incluyen deterioro funcional durante el día y una mayor probabilidad de desarrollar comorbilidades físicas y mentales, como la depresión, ansiedad hipertensión y entre muchas otras (Chan et al., 2021).

En Honduras, al igual que en otros países, el tratamiento del insomnio puede abordarse mediante estrategias farmacológicas y no farmacológicas. Dentro de los tratamientos farmacológicos, que suelen ser lo más recomendados y prescritos por médicos y profesionales de la salud, se evidenció una alta efectividad en el alivio de los síntomas del insomnio. No obstante, su uso prologando puede llegar a generar cierta dependencia lo que conlleva a que los pacientes tengan dificultades para suspender el medicamento sin experimentar recaídas en los síntomas de este trastorno. Esta situación representa un desafío, ya que, además de los riesgos asociados con la dependencia, estos fármacos suelen tener un costo elevado, generando un impacto económico considerable para las personas que dependen de ellos como única alternativa para poder lograr un sueño reparador.

Por otro lado, los tratamientos no farmacológicos han cobrado mayor relevancia debido a su efectividad y ausencia de efectos adversos. Dentro de estas intervenciones destacan las terapias cognitivo conductual (TCC) y la educación en higiene del sueño, las cuales han sido herramientas ampliamente utilizadas para modificar hábitos inadecuados y mejorar la calidad del descanso. En los últimos años, la investigación en el tratamiento del insomnio ha explorado nuevas alternativas terapéuticas, destacando entre ellas la fototerapia.

En la comunidad científica, la fototerapia ha ganado reconocimiento y se han realizado distintos estudios en cómo utilizar la iluminación para el tratamiento de diversas enfermedades. Por ejemplo, se ha demostrado en años anteriores su eficacia en el manejo de condiciones como la ictericia en recién nacidos o para trastornos afectivos estacional (TAE). Dado a su impacto en la regulación de distintos procesos fisiológicos, se han realizado estudios basados en la exposición controlada de luz con longitud de onda específica para regular el ritmo circadiano mediante la estimulación de la producción de cortisol o melatonina, según el efecto que se desee lograr.

En la presente investigación se utilizará iluminación circadiana para analizar como esta puede ser beneficiosa para el tratamiento no farmacológico del insomnio y mejorar la calidad de sueño en individuos que padecen de este trastorno o que presentan síntomas iniciales relacionados con alteración en el descanso nocturno. Específicamente se implementará un color de luz ámbar, la cual ha sido identificada como un estímulo efectivo para promover la producción y liberación de melatonina.

Durante las siguientes secciones de esta investigación, se detallará el estado del arte, diseño metodológico, los resultados y análisis de los datos que se recolectarán y finalmente una discusión en la que se mostrarán todos los hallazgos encontrados, permitiendo así una comprensión más amplia del impacto de este tipo de iluminación en el tratamiento del insomnio y su potencial en entornos domésticos y clínicos.

II. ESTADO DEL ARTE

A lo largo de esta sección, se contextualizará el sueño, los trastornos que sufren los pacientes, los tratamientos convencionales y el uso de iluminación tipo circadiana para atacar la problemática que se presentará a continuación junto con su justificación, imagen integradora y las posibles limitaciones que este tipo de terapia conlleva.

2.1 ANTECEDENTES

Los trastornos de sueño, en especial el insomnio, es un problema muy común que afecta a personas de todas las edades, provocando serias consecuencias físicas, mentales y emocionales. Por ello, a continuación, se hará énfasis en sus efectos, formas de diagnóstico y tratamientos utilizados hoy en día, así como estudios realizados con anterioridad que sientan los cimientos de este tipo de investigaciones con distintas metodologías y alcances.

2.1.1 RELOJ CIRCADIANO

Se ha visto que el ser humano, los animales y las plantas, fisiológicamente, mantienen una relación directa con los ciclos ambientales, regulando sus actividades en función del día y la noche. Por ejemplo, una persona por naturaleza suele despertarse por las mañanas para realizar deberes del día y las noches las utiliza para descansar. Lo mismo ocurre con los animales y con ciertas plantas que abren y cierran sus hojas a lo largo del día. Sin embargo, esta actividad biológica no depende exclusivamente de los ciclos del día. En 1729, Jean-Jacques d'Ortous de Mairan realizó un experimento con la *Mimosa pudica*, una planta cuyas hojas se abren durante el día y se cierran por la noche. En este experimento, Jean-Jacques observó que, incluso cuando la planta permanecía en un lugar completamente oscuro durante todo el día, esta seguía abriendo y cerrando sus hojas (Caba et al., 2015). Este hallazgo demostró la existencia de un reloj biológico interno, sentando las bases para futuros estudios.

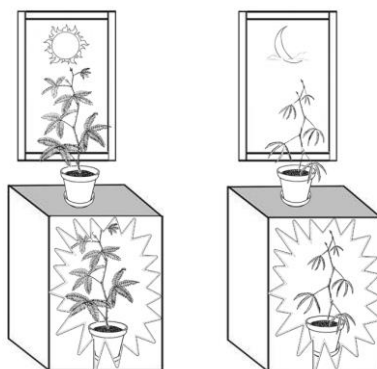


Ilustración 1: Experimento de Jean Jacques d'Ortous

Fuente: (Caba et al., 2015)

El reloj circadiano funciona como un “reloj molecular” dentro de las células, generando ciclos de 24 horas responsables de coordinar el sueño y la vigilia (Schrader et al., 2024). Este reloj se encarga de regularse por medio de dos bucles de retroalimentación, positivos y negativos. Durante el día el bucle positivo, se activan los genes Clock y Bmal1 que trabajan juntos para activar otros genes importantes del reloj como Per (1-3) y Cry (1-2), una vez activos se unen a regiones específicas del ADN (E-box) impulsando la producción y acumulación de proteínas PER y CRY. Por otro lado, en el bucle negativo se acumulan las células antes mencionadas en la célula y regresan al núcleo bloqueando la actividad de Clock y Bmal1 promoviendo los procesos del sueño como la producción de melatonina (Cox & Takahashi, 2019). Un buen funcionamiento del reloj circadiano es esencial para la salud, pues problemas de sueño tienen distintas repercusiones en la salud como la disrupción del metabolismo provocando condiciones como la obesidad, diabetes tipo 2 e hígado graso (Guan & Lazar, 2021).

Estudios demuestran como el reloj circadiano tiene incidencias en la salud de la piel, y como las disrupciones de este repercuten en efectos que perjudican la salud del sistema tegumentario como desarrollo de enfermedades inflamatorias, envejecimiento, infecciones entre ellas el cáncer (Duan et al., 2021). Un estudio desarrollado en China demostró cómo una desincronización en el reloj circadiano afecta negativamente la apoptosis, un proceso esencial para la destrucción y reparación celular; su mal funcionamiento puede conducir al crecimiento descontrolado de células y a la formación de tumores (C. Huang et al., 2023). Los relojes circadianos afectan también la regulación de la glucosa y la sensibilidad a la insulina, estos regulan la sensibilidad a la insulina por medio de ritmos diarios en los que la tolerancia es

mayor por la mañana y menor por la noche. Una disrupción en el reloj circadiano puede desincronizar el reloj autónomo del páncreas e inhibir la secreción de insulina del mismo (Stenvers et al., 2019).

El reloj circadiano es una pieza fundamental en el cuerpo humano, ya que es el que regula los ritmos diarios del metabolismo. Un pobre funcionamiento de este resulta en consecuencias en la salud como obesidad y diabetes, siendo muchas veces responsables de la apnea obstructiva del sueño (OSA) condición de la cual los pacientes tienen una mayor prevalencia de enfermedad hepática grasa no alcohólica (NAFLD) (Umbro et al., 2020). Un estudio en China demostró como la transición de un hígado graso simple (SFL) a una Esteatohepatitis No Alcohólica (NASH), la forma más grave de una NAFLD, se ve apresurada por síntomas como la latencia prolongada, reducción del TTS y el insomnio (Zhao J. et al., 2024). Los ritmos circadianos además influyen directamente en el procesamiento del cuerpo hacia los fármacos. Alteraciones en el reloj circadiano inciden en las cuatro etapas que pasan un medicamento en el cuerpo, absorción, distribución metabolismo y excreción liderando a reducción en la eficiencia y tolerabilidad de medicamentos (Gaspar et al., 2019).

2.1.2 SUEÑO

El ser humano pasa alrededor de un tercio de su vida durmiendo (Téllez et al., 2021). Esto se debe en, gran parte, debido a que el sueño es el encargado de restaurar las reservas cerebrales, fortalecer el sistema inmunológico y consolidar la memoria al procesar la información adquirida (Sejbuk et al., 2022). Regiones específicas del hipotálamo, el tronco encefálico y otros núcleos subcorticales van a ser los responsables de la regulación y coordinación de los estados de sueño (Lewis, 2021). Este proceso es una necesidad biológica, autorregulada por el propio cuerpo e influida por diversas células y sustancias químicas que intervienen en la transición entre los diferentes estados del ciclo sueño-vigilia.

Entre los principales neurotransmisores y hormonas que actúan en la regulación de sueño se encuentra: la adenosina, la serotonina y la melatonina (Vasey et al., 2021). Hablando particularmente de la adenosina, este se origina en varias partes del sistema nervioso central (SNC), y una de las principales fuentes identificadas es durante la liberación de ATP (L. Huang et al., 2024). Este posee cuatro subclases diferentes de receptores (receptores A1, A2A, A2B y A3), en la cual A1 y A2A intervienen en la regulación del sueño, específicamente en la

homeostasis del sueño (Reichert et al., 2022). Es decir, si estos receptores se ven inhibidos puede llevar a ver una alteración al momento de conciliar el sueño, lo que dificultaría alcanzar el descanso necesario.

Por ejemplo, muy a menudo se suele asociar el consumo de cafeína con dificultades para dormir. Esto ocurre debido a que la cafeína tiende a bloquear los sedantes de la adenosina A1 y A2A (Baur et al., 2021). Dicho bloqueo provoca que el cuerpo permanezca despierto, aumentando la atención y reduciendo la sensación de fatiga, lo que resulta en un mejor estado de vigilia durante cierto tiempo. Por otro lado, la melatonina es una hormona indólica que se sintetiza en la glándula pineal a partir del triptófano y su liberación está regulada por el núcleo supraquiasmático del hipotálamo, el reloj biológico del cuerpo (Esposito et al., 2019). Su síntesis comienzan a medida que cae la noche y la luz disminuye (Doherty et al., 2019). Generalmente es alrededor de las 8-10 de la noche, y alcanza su punto máximo entre 2-3 de la madrugada (Poza et al., 2022).

Los efectos de la melatonina se llevan a cabo mediante la activación de dos receptores, MT1 y MT2, los cuales están acoplados a proteínas G, que son las encargadas de transmitir señales desde el exterior de la célula hacia su interior, activando diversas funciones celulares claves (M. Zhao et al., 2020). El receptor MT1 está estrechamente relacionado con el ajuste de las fases de los ritmos circadianos y la regulación del sueño REM, mientras que el MT2 se asocia con la regulación del sueño NREM (Moon et al., 2022). Esto hace que se generen efectos significativos sobre varios parámetros del sueño tales como: la latencia del inicio del sueño, el estado de alerta matutino y la calidad del sueño (Moon et al., 2022). Este también tiene un efecto en el tiempo total de sueño, al facilitar el inicio del descanso, favorece que la persona pueda alcanzar la duración recomendada y tenga una buena recuperación.

El sueño también posee patrones de duración y calidad que van a variar según las demandas fisiológicas y neurocognitivas propias de cada etapa de desarrollo del ser humano. Se realizó un estudio con 480.000 personas de entre 38 y 73 años de edad y se demostró que 7 horas de sueño al día se asociaban con un mayor rendimiento para realizar tareas que requieran de atención y memoria (Sen & Tai, 2023). Así mismo, para niños de 5 a 13 años, se recomienda un tiempo de sueño de 9 a 11 horas diarias, mientras que, en adolescentes de 14 a 17 años, el promedio ideal es de 8 a 10 horas, con el fin de promover un desarrollo saludable (Sampasa-Kanyinga et al., 2020). Estas recomendaciones resaltan la importancia de dormir las

horas adecuadas según la edad, no obstante, lo que va a determinar la calidad y los beneficios que este aporta al organismo va a ser las etapas del sueño.

2.1.2.1 ETAPAS DEL SUEÑO

Fisiológicamente el sueño se divide en dos fases: REM (Movimiento rápido de los ojos) y NREM (Movimiento no rápido de los ojos) (Jaggard et al., 2021). El sueño NREM predomina principalmente en la primera mitad de la noche, y está constituido por N1, N2 y N3/SWS. La etapa N1 inicia justo al momento de dormirse y da lugar a N2 la cual se distingue por ser un sueño ligero. En N2 el 50% de las ondas alfa son sustituidas por actividad de baja amplitud y se caracteriza por aparición del complejo k y el descenso de la frecuencia cardíaca y temperatura corporal (Patel et al., 2025). Mientras que N3 se caracteriza por una actividad cerebral lentamente oscilante y de silencio neuronal, esta es conocida también como la etapa de sueño profundo (Ackermann & Rasch, 2014).

El REM por otra parte, predomina en la segunda mitad de la noche y está controlado por el reloj circadiano (Barbato, 2021). Se menciona que en esta fase se activa un proceso de reorganización de la memoria, en el que se refuerzan conexiones neuronales específicas relacionadas con la información reciente adquirida (Brodt et al., 2023). Esta fase marca el final de un ciclo de sueño completo, el cual puede durar entre 90 y 110 minutos (Patel et al., 2025). Durante el transcurso de la noche-madrugada se experimentan aproximadamente entre cuatro y cinco ciclos antes de despertar.

En general, todo está conectado bajo una serie de transmisores que facilitan esa transición entre las fases del sueño y permiten que se reinicie las veces necesarias. A su vez, estas fases son reguladas por el reloj biológico, de modo que durante las primeras etapas del sueño predominan las fases de sueño NREM, mientras que, a medida que avanza la noche y se acerca el amanecer, se incrementa progresivamente el sueño REM, preparando al cuerpo para el despertar.

2.1.3 TRASTORNOS DEL SUEÑO

Un trastorno del sueño es una alteración significativa en la cantidad y calidad del sueño, debido a una disfunción en los procesos cerebrales que regulan el ciclo sueño-vigilia (Gauld et al., 2025). Según distintos estudios se ha demostrado que una reducción de 1.3 a 1.5 horas

de sueño, de las 7 a 8 horas recomendadas en adultos, puede disminuir el estado de alerta diurno hasta un 32% (Barbato, 2021). Afectando el proceso cognitivo y capacidad de aprendizaje, lo que influye en la eficiencia laboral y en la habilidad para socializar libremente (Papatriantafyllou et al., 2022). Esto indica que una mala calidad de sueño puede ser causante de diversas consecuencias que pueden llegar a ser críticas en la salud física y mental de una persona.

Comprender el impacto de una mala calidad de sueño en la salud a medio y largo plazo es un tema que ha empezado a estudiarse de manera profunda en años recientes (Carrillo-Mora et al., 2018). En 1975 la American Academy of Sleep Medicine (AASM) se estableció como la principal sociedad profesional dedicada exclusivamente a la medicina del sueño y a la promoción de su cuidado y mejora (Goldstein et al., 2020). Entre sus funciones, se incluye la realización de revisiones sistemáticas para garantizar que las pruebas y tratamientos se lleven a cabo de manera adecuada (Patil et al., 2019). Así mismo, la AASM ofrece guías y manuales que orientan a los profesionales sobre las mejores prácticas en la atención de los trastornos del sueño.

Recientemente, la AASM publicó la tercera edición de la clasificación internacional de los trastornos del sueño (ICSD-3), la cual es fundamental para la identificación específica del tipo de trastorno a tratar. Según la ICSD-3 los trastornos del sueño se clasifican en: insomnio, trastornos respiratorios relacionados con el sueño, trastornos centrales de hipersomnolencia, trastornos del ritmo circadiano sueño-vigilia, parasomnias, trastornos del movimiento relacionados con el sueño y otros trastornos del sueño (Tiseo et al., 2020). A pesar de que los criterios para cada diagnóstico en la ICSD han sido evaluados y ajustados para ser lo más precisos posibles, la realidad es que aún hay incógnitas en las métricas más eficaces para determinar cada tipo de trastorno (Sateia, 2014).

Las consecuencias en la salud pueden diferir según el tipo de trastorno del sueño presente. Entre los problemas más comunes de los distintos trastornos del sueño se encuentran las complicaciones cardiovasculares (Miller & Howarth, 2023). Esto se debe a que, por naturaleza fisiológica, la presión arterial tiende a disminuir mientras dormimos debido a diversos mecanismos de regulación y relajación muscular (Cappuccio & Miller, 2017). Sin embargo, en casos de personas que sufren de apnea obstructiva del sueño, esta disminución no ocurre de

manera adecuada debido a los episodios de hipoxia intermitente, lo que provoca fluctuaciones en la presión arterial y aumenta el riesgo de posibles complicaciones cardiovasculares en el futuro (Arnaud et al., 2020). Este aumento de presión arterial también puede ocurrir en personas sin trastornos del sueño, pero una mala calidad de sueño puede acelerar su aparición.

Los trastornos del sueño repercuten también en problemas asociados a depresión y obesidad (Gylen et al., 2014). Según Liu et al. (2022) problemas relacionados al sueño son síntomas más frecuentes en personas con depresión siendo este de un 13.6% (X. Liu et al., 2022). Así mismo, se ha encontrado que un sueño deficiente puede llegar a incrementar niveles de inflamación en ciertas moléculas como la TNF y IL-6, esta elevación está relacionado con trastornos metabólicos asociados con la obesidad, especialmente en mujeres (Fang et al., 2019). Entre todos estos problemas y muchos otros que engloba este trastorno, queda claro que la deficiencia de sueño tiene un impacto directo en el cuerpo, con consecuencias aún más pronunciadas según la edad o el género.

2.1.3.1 INSOMNIO

El insomnio es uno de los trastornos del sueño más comunes a nivel mundial, con una prevalencia estimada del 10 al 15% en la población general (A. Contreras & Pérez, 2021). Según la AASM el insomnio se define como una dificultad persistente para iniciar, mantener o lograr un sueño reparador, a pesar de contar con las condiciones y oportunidades adecuadas para dormir (Tiseo et al., 2020). Siendo el mantenimiento del sueño el problema más frecuente en el insomnio, con un 50% a 70%, seguido de la dificultad para iniciar el sueño con un 35% a 65% (Jaqua et al., 2022). En la actualidad, se han llevado a cabo diversas investigaciones sobre el insomnio en distintas poblaciones y contextos, abarcando desde la atención primaria y ambulatoria hasta estudios realizados en la población general (Seow et al., 2018). Estos estudios han permitido identificar patrones específicos de prevalencia y factores de riesgo que han ido contribuyendo a un mejor manejo de este trastorno.

En 1987, Spielman et al. introdujeron la perspectiva conductual del insomnio, también conocido como el modelo de las 3P (Spielman et al., 1987). Este modelo es ampliamente conocido y aceptado para comprender el insomnio ya que integra mecanismos genéticos, cognitivos y factores conductuales, en la cual los clasifica en factores predisponentes, precipitantes y perpetuantes (Han & Son, 2024). Los factores predisponentes son

características como rasgos genéticos o fisiológicos, que incrementan la vulnerabilidad de una persona a experimentar alteraciones del sueño (Quin et al., 2022). Cabe aclarar que este factor no es suficiente por sí solo para causar insomnio, pero puede predisponer a una persona a sufrir trastornos del sueño cuando se presenta un desencadenante o una situación estresante.

Entre los factores predisponentes se encuentra el género y la edad. Se ha encontrado que la prevalencia del insomnio incrementa con la edad y es más común en mujeres, además de estar vinculada a factores sociodemográficos como la condición laboral, el nivel socioeconómico y el nivel de estudio (Torrens et al., 2019). A medida que las personas envejecen, la frecuencia del insomnio aumenta 1.1 veces con cada década de vida, y casi se duplica en individuos de 75 años o más (Walker et al., 2021). Esto está relacionado principalmente con la disminución progresiva de los niveles de melatonina a partir de los 40-45 años, en el que algunos casos, alcanzando los 70 años se tiene el 10% de nivel de melatonina que se tenía en la juventud (Poza et al., 2022). Dicha disminución dificulta conciliar el sueño y afecta la profundidad y continuidad del descanso nocturno, lo que provoca somnolencia al día siguiente y a la larga, problemas más serios como depresión o ansiedad.

Sin embargo, un estudio realizado en Corea del Sur durante la pandemia de COVID-19, con una muestra de 4,000 participantes, mostró resultados diferentes. Se concluyó que la prevalencia del insomnio disminuyó con la edad, siendo mayor entre los hombres de 20 a 29 años, mientras que, en las mujeres, el porcentaje más alto se dio en el grupo de 30 a 39 años, y con una incidencia significativamente mayor en mujeres que en hombres (Jeon et al., 2023). Estos hallazgos podrían haber estado influenciados por factores propios de la pandemia, como la reducción drástica de la actividad física, la inseguridad laboral debido al cierre de negocios y el uso excesivo de teléfonos inteligentes en la cama, lo que contribuyó a hábitos de sueño irregulares y al retraso en los horarios de acostarse. El horario de trabajo nocturno, el tabaquismo y la soltería también pudo influir en los resultados (Jeon et al., 2023).

Así mismo, en un estudio realizado en Suecia con 3,406 participantes de entre 18 y 79 años, observó que el mayor porcentaje de insomnio se presentó en mujeres de 18 a 29 años y en hombres de 30 a 39 años, siendo la prevalencia general de insomnio del 23.5% en hombres y 32.7% en mujeres (Höglund et al., 2020). De igual forma, se observó que el riesgo de insomnio era más bajo en los grupos de 50 a 69 años, pero volvía a incrementarse en el grupo de 70 a 79 años. Ambos estudios confirmaron una mayor prevalencia de insomnio en

mujeres, no obstante, la relación con la edad mostró variaciones que podrían depender del estilo de vida que se lleve.

El motivo por el cual las mujeres constituyen la mayor tasa de incidencias de insomnio es debido principalmente por los cambios hormonales (Pajédiené et al., 2024). Cambios en hormonas como foliculoestimulante (FSH), luteinizante (LH) y progesterona, están vinculados a la prevalencia de insomnio, especialmente en etapas como la menopausia, donde estos niveles disminuyen drásticamente (Wang et al., 2020). Esta reducción tiene efecto directo en la producción y liberación de melatonina, y va aumentando en cada etapa de la vida de la mujer (Pajédiené et al., 2024). Además, durante el periodo premenstrual las mujeres suelen manifestar síntomas de depresión, ansiedad e irritabilidad, que son síntomas relacionados a insomnio (Suh et al., 2018). Considerando estas variables genéticas, durante el tratamiento se debe tener un enfoque que tome en cuenta tanto los factores hormonales como emocionales para obtener mejores resultados.

Hablando de los factores precipitantes, estos son eventos o circunstancias que inician el camino hacia el insomnio, por ejemplo, estrés temporal, o enfermedades (Quin et al., 2022). En situaciones de estrés, el cuerpo tiende a activar el sistema nervioso autónomo y el eje hipotalámico-hipofisario-adrenal (HPA por sus siglas en inglés), sin embargo, una activación excesiva o prolongada del eje HPA puede alterar la capacidad para conciliar el sueño (Gardani et al., 2022). En un estudio realizado durante pandemia en estudiante de medicina en China, se encuentro una fuerte correlación entre el insomnio y el estrés percibido por parte de los estudiante (Z. Liu et al., 2021). Lo mismo ocurrió en un segundo estudio realizado en Polonia, donde se obtuvo una correlación de 0.44, mostrando que a mayor estrés percibido, mayor porcentaje de insomnio (Średniawa et al., 2019). Aparte del estrés, las enfermedades cardiovasculares y la obesidad también pueden iniciar problemas de insomnio.

Como tercer y último factor están los perpetuantes, que se definen como aquellos factores que hacen que el insomnio agudo continúe y eventualmente evolucione hacia el insomnio crónico (Naha et al., 2024). Entre algunos ejemplos se encuentra el aumento de ansiedad, excitación cognitiva o somática antes de dormir y una mala higiene del sueño (Han & Son, 2024). Según Puzino et al. la excitación cognitiva previa al sueño está directamente vinculada con la vulnerabilidad y la perpetuación del insomnio, mientras que la excitación somática antes de dormir refleja principalmente un indicador de ansiedad que afecta negativamente el sueño

nocturno (Puzino et al., 2020). Esto se ve reflejado en aquellas personas que tienden a sobrepensar tareas pendientes, preocupaciones o cualquier mínimo detalle y por ende termina desencadenando en una activación fisiológica del cuerpo como el movimiento inquieto de piernas, o aumento de frecuencia cardíaca, dificultando así conciliar el sueño.

2.1.3.2 FORMAS DE DIAGNOSTICO

Lo que diferencia las personas que padecen insomnio y aquellas que simplemente han tenido una noche ocasional de mal sueño radica en la frecuencia y duración de los problemas. Si los trastornos del sueño persisten al menos tres noches a la semana, durante tres meses o más se considera como insomnio crónico, mientras que si perdura menos de tres meses se considera insomnio agudo o a corto plazo (Van Someren, 2021). Asimismo, para establecer el diagnóstico, es necesario que las dificultades para dormir provoquen de manera subjetiva un impacto en el funcionamiento durante el día o en el bienestar general de la persona, afectando aspectos como la concentración, el estado de ánimo o el rendimiento en actividades cotidianas (Van Someren, 2021). Todos estos síntomas se abordan durante una evaluación clínica con un especialista en salud, quien evaluará si existe alguna enfermedad subyacente que esté provocando el insomnio y determinará si es necesario realizar pruebas diagnósticas complementarias.

Según la AASM durante la evaluación clínica del insomnio se requiere obtener una historia clínica detallada con descripción de comorbilidades médicas y/o psiquiátricas, evaluación de somnolencia diurna y calidad de sueño mediante cuestionario y escala de Epworth y de Pittsburgh, registro mediante un diario de sueño por 2 a 4 semanas, análisis del uso de fármacos y evaluación de hábitos como cafeína, alcohol o drogas (A. Contreras & Pérez, 2021). Además de la escala de somnolencia de Epworth (ESS) y el cuestionario de Pittsburgh para la calidad del sueño (PSQI), el índice de severidad del insomnio (ISI) es una herramienta de autoinforme ampliamente utilizada para medir los síntomas, sus consecuencias y el grado de preocupación o angustia asociado al insomnio (Yoon et al., 2024). Con el valor obtenido al finalizar el cuestionario o escala se va a poder orientar la terapia médica hacia un enfoque específico.

En caso que se requiera de estudios complementarios, es común realizar exámenes generales tales como hemogramas o medición de melatonina en saliva, así como también,

exámenes de actigrafía y polisomnografía (PSG) (A. Contreras & Pérez, 2021). En un estudio llevado a cabo por Yoon et al. realizaron análisis de lípidos sanguíneo, niveles hormonales periféricos y mediciones de melatonina en saliva para evaluar el inicio de la secreción de melatonina en condiciones de baja luz y la posible relación entre la fototerapia, el insomnio y los parámetros metabólicos (Yoon et al., 2024). De igual manera, se realizó un examen de actigrafía, que utiliza acelerómetros para registrar patrones de movimiento y estimar los estados de sueño-vigilia, para evaluar parámetros como la eficiencia del sueño, el tiempo total de sueño, el tiempo en la cama, la vigilia tras el inicio del sueño y el número de despertares nocturnos.

Por otro lado, PSG es la prueba de referencia utilizada para diagnosticar insomnio y otros trastornos del sueño, como apneas, síndrome de piernas inquietas, narcolepsia o parasomnias (A. Contreras & Pérez, 2021). Prados et al. utilizó esta técnica para medir variables fisiológicas como la actividad cerebral, la respiración, los movimientos oculares y musculares, y la saturación de oxígeno mientras los pacientes dormían (Prados et al., 2020). Para el estudio se necesitó de un ambiente cómodo y controlado ya que este incluye la utilización de electroencefalografía, electrooculografía, electromiografía y sensores para el registro de frecuencia cardíaca durante toda la noche. Todo esto con el fin de reforzar el estudio y proporcionar resultados que respalden la validez del diagnóstico.

Con los avances tecnológicos, han ido surgiendo alternativas innovadoras a la actigrafía, la polisomnografía y el diario del sueño, destacándose dispositivos como los smartwatches y las diademas EEG. Estos dispositivos están diseñados para proporcionar información detallada sobre parámetros fisiológicos durante el sueño, permitiendo al usuario registrar sus propios datos del sueño de una forma más práctica. En un estudio realizado por Spina et al., se utilizó el reloj Fitbit Alta HR, en la que se mostró mínimas discrepancias entre los valores obtenidos del reloj y las percepciones del sueño registradas en los diarios de sueño. No obstante, la información proporcionada por el reloj contribuyó a reducir la gravedad del insomnio y las alteraciones del sueño, ya que los usuarios informaron que, al contar con datos específicos, comenzaron a percibir que su sueño no era tan negativo como lo recordaban (Spina et al., 2023).

Los relojes inteligentes o wearables han demostrado ser altamente efectivos para detectar si una persona está durmiendo teniendo una precisión superior al 90% (de Zambotti et al.,

2019). En un estudio que comparó el rendimiento del modelo Fitbit Flex con los resultados de la polisomnografía (PSG), se observó una sobreestimación mínima del tiempo total de sueño de 6.5 minutos en un grupo de "buenos dormidores", así mismo, cuando se comparó con el grupo de insomnio, se reportó una sobreestimación de 32.9 minutos (Kang et al., 2017). En un modelo de reloj más reciente se encontró una mejor correlación siendo esta de 0.91 para la detección de eventos respiratorios, demostrando que además de medir parámetros de sueño-vigilia, tienen la capacidad de medir saturación de oxígeno en la sangre y detectar anomalía que indiquen una interrupción respiratoria, como las causadas por Apneas de sueño (Zhou et al., 2024).

También se han realizado estudios donde se evalúa la precisión del Apple Watch, uno de los relojes inteligentes más utilizados a nivel mundial, para medir patrones de sueño en comparación con la actigrafía. Los resultados mostraron que el reloj mostro una similitud del 79% en la detección del sueño-vigilia, en donde se sobreestimó el tiempo total de sueño en 6.31 minutos y subestimó la vigilia tras el inicio del sueño en 5.74 minutos (Roomkham et al., 2019). A pesar de estas pequeñas discrepancias, los relojes inteligentes han demostrado que complementados con un examen clínico o una PSG, pueden contribuir para el diagnóstico y manejo de trastornos del sueño como el insomnio.

2.1.3.3 TRATAMIENTOS

El tratamiento para el insomnio es un caso especial, pues no se puede intentar de tratar a la ligera, es necesario llevar a cabo un abordaje integral tomando en cuenta las principales causas y síntomas, utilizando estrategias de modificación de rutinas antes de considerar la opción farmacológica (López de Castro et al., 2011). En la actualidad, se consideran tres métodos principales para el tratamiento no farmacológico del insomnio, educación sobre el higiene del sueño y las terapias cognitivo conductuales (TCC) y fototerapia (exposición a luz brillante por las mañanas) (Chun et al., 2021). Sin embargo, existen posibilidades en las que los tratamientos convencionales no farmacológicos pueden resultar no ser completamente eficaces, situación que convierte a los fármacos indispensables y se comienza su uso para mitigar el insomnio y las consecuencias en los pacientes (Lie et al., 2015). Dadas las condiciones específicas que existen a la hora de tratar diferentes pacientes, un método no se puede sobreponerse al otro y es crucial entender cada uno de ellos y sus implicaciones.

2.1.2.3.1 TRATAMIENTOS FARMACOLÓGICOS PARA EL INSOMNIO

Dada la morbilidad que representa el insomnio a nivel global, la reducción de calidad de vida de las personas y el alto costo que tratarlo significa, como alternativa a la terapia cognitivo-conductual para el insomnio (TCC) se utilizan fármacos buscando mejorar la sensación del sueño como los agonistas de receptores benzodiazepínicos no benzodiazepínicos (nBBRAs), Antagonistas duales de receptores de orexina (DORAs), antidepresivos sedantes y melatonina exógena (Madari et al., 2021). El uso de nBBRAs resulta muy prometedor, pues este tipo de fármaco funciona por medio del potenciamiento del efecto del neurotransmisor inhibitorio ácido gamma-aminobutírico (GABA) en el cerebro, el cual se encarga de frenar la actividad cerebral y promover estados de calma, relajación o sueño. Sin embargo, cuenta con efectos adversos como la dependencia y tolerancia, somnolencia diurna, parasomnias y rebote de insomnio (Stege et al., 2008).

Por otro lado, se encuentran los fármacos antagonistas duales de receptores de orexina (DORAs), este tipo de medicamentos funcionan mediante de la inhibición de dos subreceptores de orexina, OX1R Y OX2R que se encargan de recibir la orexina producida por el hipotálamo, neuropéptido encargado de regular el ciclo sueño-vigilia, el apetito y la excitación nerviosa (Kukkonen & Leonard, 2014). En un estudio realizado por (Kumar et al., 2016) se demostraron los hallazgos de ciertos fármacos pertenecientes al grupo DORAs, destacando beneficios como el aumento del tiempo total del sueño (TTS), reducción de la latencia para conciliar el sueño, mejora en la calidad del mismo disminuyendo el riesgo de insomnio de rebote. A pesar de los beneficios que este tipo de fármacos representan, se ven efectos adversos y limitaciones en su uso como problemas de tolerabilidad, fatiga y dolores de cabeza para almorexant, somnolencia diurna y sueños anormales para suvorexant. Existe el caso del fármaco lemborexant que en algunos casos su ingesta puede repercutir en efectos secundarios como parálisis del sueño (Mishima et al., 2024).

Un estudio publicado por la revista brasileña de psiquiatría abordó la relación entre el insomnio y la depresión, y como el uso de antidepresivos sedantes puede ser beneficioso tanto para la depresión como para el insomnio. Los resultados muestran como los antidepresivos parecen ser favorables para el tratamiento del insomnio, entre ellos se encuentra la trazadona tiene propiedades que aumentan el sueño de ondas lentas (SWS) las cuales se destacan por ser la fase de restauración física, mental y vital para la consolidación de la memoria (Moraes

et al., 2011). La revista *Sleep Science and Practice* en colaboración de investigadores de Estados Unidos, Canadá y Uruguay destacó que el uso del fármaco mirtazapina presenta potentes efectos sedativos que lo convierte en una opción viable para tratar el insomnio, sin embargo, junto con la trazadona, se observaron limitantes significativas como la somnolencia diurna severa, deterioro en el rendimiento durante el día, y posible deterioro psicomotor (Pagel et al., 2018).

En la actualidad, personas con problemas de sueño han adoptado el uso suplementario de melatonina y muchas veces sin prescripción médica, siendo la cuarta droga más popular consumida entre los adultos de los Estados Unidos (después del aceite de pescado/ácidos grasos omega 3, glucosamina/condroitina y probióticos) (Grigg & Ianakieva, 2017). Un artículo publicado en el *British Journal of Pharmacology* evidenció los efectos de la melatonina y su capacidad en la regulación del sueño y el reloj circadiano, así como su eficacia en el tratamiento del insomnio. Se destacó que la melatonina actúa como una señal de oscuridad, que ayuda a favorecer el sueño y a ajustar el ciclo sueño-vigilia al suprimir la señal de vigilar del núcleo supraquiasmático (SCN) (Zisapel, 2018). A pesar de los resultados positivos que el uso de melatonina exógena representa, existen efectos adversos como una leve somnolencia diurna, y la tolerancia al medicamento, lo que aumenta el problema de la combinación de dosis altas de melatonina y la interacción con otros fármacos que se puedan usar para tratar otras condiciones (Fatemeh et al., 2022).

A pesar de que en diversos estudios se ha concluido la efectividad que tienen algunos fármacos para tratar trastornos del sueño e insomnio, el uso de estos no termina siendo una solución contundente dadas los efectos adversos significantes que estos suponen, por lo que se requiere de una alternativa innovadora para asistir a pacientes que sufren de este tipo de condiciones.

2.1.2.3.2 TRATAMIENTOS NO FARMACOLÓGICOS PARA EL INSOMNIO

Se demostró en un estudio llevado a cabo en España que el trastorno del sueño más común es el insomnio, junto con esta primicia se desarrolló un análisis acerca del método de las terapias cognitivo-conductuales (TCC), el cual ataca el insomnio por medio de diferentes actividades que propician al ajuste del ritmo circadiano. En estas terapias que tuvieron una duración de nueve consultas de 30 minutos durante nueve semanas, se llevaron a cabo prácticas como el control de estímulos, restricción del sueño, relajación las cuales resultaron en una

reducción del insomnio en un 70-80% en pacientes crónicos, sin embargo no logran aumentar el tiempo de sueño en los pacientes (Noriega et al., 2019). A pesar de que las TCC muestren mejoras en el sueño de pacientes con insomnio, a largo plazo dada su naturaleza de "rutina" el efecto que este tipo de terapia supone se puede ver contrarrestado a leves cambios en el estilo de vida de los pacientes (Díaz Falcón, 2023).

Se publicaron en 2017 en la revista *Family Practice* los resultados de un estudio desarrollado por investigadores de Hong Kong y Nueva Zelanda que abordaron la eficacia de la educación de la higiene del sueño (SHE) para el tratamiento del insomnio. Estos resultados arrojaron como la SHE mejoró significativamente los síntomas del insomnio, reduciendo la latencia del sueño, el tiempo de vigilia, y el TTS mejorando también dos puntos de media en el índice de calidad de sueño de Pittsburgh y aumentando en un 5% la eficiencia del sueño (SE) (Chung et al., 2018). Realizando un contraste con el método TCC el cual también se evaluó en dicho estudio, se logró observar como el segundo duplicaba la reducción de puntos del índice PSQI. Sin embargo, investigadores chinos elaboraron un estudio que ponía a prueba el PSQI en atletas autóctonos y llegaron a la conclusión de que es de mucha ayuda para medir la calidad subjetiva del sueño, mientras que en la parte de eficacia podría mostrar resultados imprecisos, por lo que se recomienda el acompañamiento de actigrafía u otro método fidedigno de medición (Tan et al., 2024).

En la sociedad actual, una persona promedio pasa más del 90% de su tiempo en interiores con iluminación artificial estática (Papatsimpa & Linnartz, 2020). En un estudio llevado a cabo en Japón, se experimentó con una muestra de once jóvenes saludables, la exposición a luz azul o de longitud de onda corta (SWL) antes de dormir. Los resultados objetivos demostraron como la irradiación de este tipo de luz redujo la proporción de sueño profundo, el encargado de la recuperación física y consolidación de la memoria (Ishizawa et al., 2021). Un estudio realizado en Suiza resulta ser la contraparte al trabajo de los japoneses, la metodología cambió, la exposición se llevó a cabo durante 20 minutos, 2 horas después de despertar. Los resultados mostraron un adelanto en la fase circadiana de la secreción de melatonina (secreción más temprano en la noche) mientras que en la mañana se aumentaron los niveles del cortisol y adrenalina, propiciando la vigilia (Gabel et al., 2013).

La fototerapia resulta ser una opción prometedora en el manejo del insomnio ya que ha resultado ser eficiente en la regulación del ritmo circadiano con un menor compromiso por

parte de los pacientes, mientras de los métodos SHE y TCC que si requieren de mayores cambios en el estilo de vida de los pacientes y del tratamiento farmacológico que conlleva riesgos como la tolerancia, dependencia y efectos adversos.

2.1.4 ILUMINACIÓN CIRCADIANA

Se conoce como iluminación circadiana a un tipo de luz diseñada para tener influencia en el reloj circadiano del cuerpo humano. Se basa en parámetros como longitud de onda en el espectro visible, intensidad de luz y como estos afectan los procesos importantes como la producción de cortisol y melatonina, dos hormonas cruciales para la regulación del ciclo de 24 horas vigilia-sueño (Rea et al., 2010). Por medio de las células ganglionares intrínsecamente fotosensibles de la retina (ipRGCs), capaces de detectar luz de forma directa e independiente de otros fotorreceptores, estas células, especialmente sensibles a la luz azul, pueden contribuir a mejorar el ciclo vigilia-sueño cuando se exponen a una iluminación adecuada (E. Contreras et al., 2021).

El departamento de arquitectura de la Universidad de Washington en Seattle, Estados Unidos desarrolló una investigación que evaluaba como el diseño arquitectónico puede optimizar el uso de la luz natural para estimular el reloj circadiano, por medio de parámetros como la orientación del edificio, altura en ventanas entre otros. Se resaltó la importancia de la luz natural para estimular los receptores ipRGCs (células ganglionares intrínsecamente fotosensibles de la retina) los cuales detectan la luz azul y envían señales al cerebro para la sincronización del ciclo circadiano por medio de la secreción de hormonas (Altenberg Vaz & Inanici, 2021). La compaginación de luz natural con luz artificial circadiana tiene la capacidad de impulsar la salud y el bienestar a través de la mejora del descanso en el sueño en una correcta aplicación.

Un estudio llevado a cabo en Países Bajos analizó como la exposición a luz brillante en la primera parte de la noche (18:30-21:00 h, 1200 lux) puede mitigar los efectos que este tipo de luz tiene a una hora más tardía (22:30-23:30 h, 750 lux). Preparar el cuerpo a la luz antes de tiempo ayudó a reajustar temporalmente el ritmo circadiano, reduciendo los efectos de la segunda exposición. Los resultados mostraron que la exposición tardía suprimió los niveles de melatonina en un 34%, mientras que cuando se realizó en la primera parte de la noche, la supresión se redujo a 22%, concluyendo que una exposición temprana mitiga los efectos de

la tardía. Lo cual resulta un fenómeno común en la sociedad actual debido al uso prolongado de dispositivos electrónicos que emiten luz azul (te Kulve et al., 2019). El correcto uso de la iluminación artificial de tipo circadiana tiene la capacidad de tratar trastornos del sueño si los sujetos se someten a ella correctamente.

Se llevó a cabo un consenso entre un grupo de 248 científicos con experiencia de la interacción entre la iluminación artificial y los ritmos circadianos, quienes participaron en una encuesta que consolidó hallazgos clave y guías prácticas sobre el diseño implementando iluminación circadiana. Los resultados destacaron el impacto de la luz en los ritmos circadianos y como la exposición a luz azul suprime la secreción de melatonina, lo cual es perjudicial en el ritmo circadiano si la irradiación se da por la noche, recomendando exponerse a iluminación a luz intensa por las mañanas (50-500 lux) ya que mejora el estado de alerta y el uso de luces con bajo contenido azul para horarios nocturnos (Moore-Ede et al., 2023). Este consenso destacó la importancia de la iluminación circadiana y como su implementación es más beneficiosa para la salud que un sistema de iluminación convencional.

2.2 PROBLEMÁTICA

Cualquier persona en algún momento de su vida ha experimentado una mala noche en la cual haya tenido dificultades a la hora de dormir o simplemente despertó sintiéndose que no había descansado lo suficiente. Según informes de RAND Europe el 50% de la población adulta a nivel mundial padece síntomas de insomnio, de las cuales el 25% corresponden a insomnio clínico y el 15% a insomnio crónico (Hafner et al., 2023). Se ha demostrado que la persistencia de este tipo de trastornos de sueño está asociada a déficits de atención, deterioro en rendimiento cognitivo, estrés, ansiedad, enfermedades cardiovasculares, entre otros (Fabbri et al., 2021). Siendo así un desencadenante o la causa de enfermedades crónicas que poco a poco van disminuyendo la calidad de vida de las personas y a su vez va generando un impacto económico para consultas médicas y tratamientos.

RAND Europe ha estimado que un adulto promedio con insomnio estaría dispuesto a sacrificar un aproximado del 14% de su ingreso per cápita del hogar, para tener las mismas condiciones y horas de sueño de alguien que no sufre de este trastorno. Para 2019 el ingreso per cápita anual de un hogar en Estados Unidos fue de aproximadamente \$54,000 lo que se traduce a un gasto de \$7,674.80 para tratar insomnio, de la misma manera \$5,071.50 en Francia, \$3,746.30 en Portugal, entre otras (Hafner et al., 2023). Tomando la misma idea, para el año 2024, en Honduras la INE estimo un ingreso anual promedio de \$8,530.35 para empleados con nivel superior, lo que implicaría un gasto alrededor de \$1,194.25 para compensar la pérdida de bienestar asociada al insomnio. Esta cifra va a variar ya que no se toma en cuenta ciertos aspectos como las realidades económicas y sociales que se viven en el país, sin embargo, sirve para contextualizar el valor monetario que puede traer el tratamiento del insomnio y aún más cuando se trata de insomnio crónico.

Los síntomas del insomnio en adultos suelen ser resultado propio del trabajo. Un trabajo estresante, sumadas a las preocupaciones diarias, dificultan la desconexión mental necesaria para un sueño reparador y esto se agrava aún más cuando se sobrepiensan todos los problemas horas antes de dormir y no se tiene un ambiente contralado que induzca al sueño. En 2021 se obtuvieron datos del hospital de Danlí, El Paraíso, en el que revelaron que el 62.5% de las enfermeras presentaron insomnio después de una jornada laboral y el 43.8% se sintió preocupada por sus pacientes al llegar a sus casas (Castellanos et al., 2021). Algo similar ocurre con los jóvenes, en el cual para 2020 el 70.3% de 317 estudiantes de medicina y cirugía, de

una universidad de Honduras tenían una mala calidad de sueño y de esos el 45.7% merecía atención y tratamiento médico (Maldonado et al., 2020).

Estrés y problemas de sueño es una combinación mortal, que repercute en el correcto funcionamiento cardíaco. En 2022 la American Heart Association (AHA) añadió la duración del sueño como componente vital de su Life's Essential 8, que son 8 medidas claves para mejorar y mantener la salud cardiovascular. Esta decisión se basó en estudios que evidencian que personas sin antecedentes de enfermedades cardiovasculares, pero con insomnio, tienen un 45% más de riesgo de desarrollar este tipo de complicación a un plazo de 3 a 20 años (Ravichandran et al., 2023). Este problema ataca a jóvenes y adultos sin importar la edad, y los efectos se ven aún más si se tiene un estilo de vida agitado, con preocupación acumuladas.

Es claro que a pesar de que el trabajo o universidad genere problemas para conciliar el sueño, esto no va a parar a una persona a seguir con su funciones laborales y estudios. Las personas que sufren de este tipo de trastorno con frecuencia suelen acudir a médicos especializados en busca de respuestas a sus condiciones. Estos pueden ser tratados por medio de intervenciones farmacológicas y no farmacológicas. Las soluciones farmacológicas incluyen compuestos fuertes que con frecuencia se administran en dosis bajas debido a sus numerosos efectos adversos como la tolerancia y dependencia. Por otro lado, los tratamientos no farmacológicos suelen ser a veces muy efectivos dependiendo del nivel de insomnio que presenta el paciente, sin embargo, este tipo de terapias requiere de un gran nivel de compromiso a largo plazo ya que pequeños cambios en la rutina del paciente afectan la terapia, especialmente cuando no se siguen prácticas de higiene del sueño.

Uno de los aspectos en la higiene del sueño es limitar el tiempo frente la pantalla minutos antes de acostarse. En 2020, la OMS reconoció la adicción a la tecnología digital como un problema mundial, en el que si no se tenía un control en su tiempo de uso, provocaría alteraciones en la calidad del sueño que conducían al insomnio (Dresp-Langley & Hutt, 2022). Este es un problema grave que afecta incluso a niños desde etapas tempranas. Hoy en día, niños alrededor de 4 años empiezan a utilizar teléfonos dedicándoles una gran cantidad de minutos, que, si no se tiene el cuidado necesario sobre la cantidad de tiempo en pantalla, va a repercutir en problemas aun más grandes a medida vayan creciendo. Esta exposición de luz azul también afecta a aquellas personas cuyas jornadas laborales se extienden y tienen que pasar horas en las oficinas frente a computadoras u otros aparatos electrónicos. Si bien es

cierto que estas condiciones pueden que no afecten durante una noche, cuando se convierten en hábitos, aumentan significativamente el riesgo de desarrollar trastornos del sueño, llevando a la necesidad de buscar tratamiento especializado.

Una adecuada higiene del sueño es fundamental en el desarrollo y desempeño de las actividades diarias, con especial relevancia en la etapa universitaria, donde la demanda académica y los niveles de estrés pueden comprometer la calidad del descanso de una gran cantidad de estudiantes. La consolidación de la memoria, la concentración y el rendimiento cognitivo dependen en gran medida de hábitos adecuados del sueño, los cuales influyen directamente en la eficiencia del aprendizaje. Diversos estudios han demostrado que la privación del sueño y no estar durmiendo las horas necesarias puede generar efectos adversos en el procesamiento de la información, y el equilibrio emocional, lo que repercute negativamente en el desempeño académico y bienestar del estudiante.

A nivel nacional la disponibilidad de especialistas en medicina del sueño se centra en San Pedro Sula y Tegucigalpa. En estas se pueden encontrar clínicas como Neuro Sueño, Sleepmed, Neurosula. Afuera de estas ciudades la atención está limitada a médicos generales o internistas con cierto conocimiento de los trastornos de sueño, quienes pueden que ofrezcan recomendaciones básicas para mejorar hábitos de descanso, pero las probabilidades de realizar exámenes tales como la PSG o actigrafía se ven reducidas. En estas situaciones, contar con una alternativa como los relojes inteligentes, que permiten medir las fases y calidad del sueño, el %SpO₂ y otros parámetros relevantes, resulta de gran utilidad. Además, exámenes como la PSG, no suelen ser cómodos para el usuario, ya que implican dormir con múltiples electrodos y sensores especializados que pueden dificultar el descanso durante la prueba, sumado al gasto adicional de tiempo y dinero que va a requerir viajar a San Pedro Sula o Tegucigalpa en caso de ser necesario.

Este estudio busca ofrecer una solución un tanto más accesible para cualquier persona que desee mejorar su calidad de sueño. La exposición de iluminación circadiana con longitud de onda larga antes de acostarse promueve la producción natural de melatonina produciendo una mayor sensación de sueño y deseos de irse a dormir. Este tratamiento no farmacológico es particularmente beneficioso para personas con insomnio o dificultades para conciliar el sueño, ya que no aumenta el estado de vigilancia o alerta, como si lo hace la luz azul, y favorece en la regulación del ritmo circadiano. Pueden colocarse dentro del hogar, sin la necesidad de

movilizarse a otro lugar y no genera dependencia, así como lo pueden traer ciertos medicamentos utilizados para el tratamiento de este trastorno.

2.3 IMAGEN INTEGRADORA



Ilustración 2: Imagen integradora

Fuente: Elaboración propia

La fototerapia basada en parámetros como longitud de onda e intensidad de luz da lugar a un tratamiento que supera las limitantes que otros métodos farmacológicos y no farmacológicos suponen, por medio de la implementación de un sistema de iluminación circadiana que potencie la producción de melatonina. En la Ilustración 2 el lado derecho ilustra un entorno iluminado con luz fría y azulada, común en dispositivos electrónicos. Este tipo de iluminación suprime la melatonina, interrumpe el ciclo circadiano y afecta la calidad del sueño, por lo que se incluye la necesidad de fármacos para poder conciliar el sueño. Por otro lado, en el lado izquierdo se observa un entorno cálido y propicio para el descanso, con iluminación tenue y amarilla que favorece la relajación y la secreción de melatonina. Este tipo de ambiente promueve el sueño profundo y reparador, esencial para la restauración física y mental.

Esta representación visual da lugar a la comprensión de como las condiciones ambientales como la iluminación afectan directamente a la salud. El diseño de entornos que minimicen la exposición a luz azul durante la noche y que fomenten más la oscuridad o un ambiente cálido puede mejorar significativamente la calidad del sueño y la salud a largo plazo.

2.4 TABLA DE LIMITACIONES

Tabla 1: Cuadro de limitaciones

AUTOR (ES)	AÑO	PAÍS DE ESTUDIO	ENFOQUE DEL ESTUDIO	TIPO DE LIMITACIÓN	DETALLE DE LIMITACIÓN
Yoon et al.	2024	Corea del Sur	Exploratorio	Metodológica	Muestra limitada de 40 participantes y corta duración de 2 semana limitan los resultados del estudio. No se pudo determinar si la terapia de luz tenue es eficaz para el tratamiento a largo plazo de los trastornos del sueño.
Ishizawa et al.	2021	Japón	Experimental (controlado y piloto)	Metodológica	Muestra limitada a 11 participantes en un ambiente controlado, lo que reduce la heterogeneidad y la reflexión de condiciones en un ambiente realista, no permite evaluar efecto a largo plazo debido a las 2 semanas de duración
Elliott et al	2022	Estados Unidos	Exploratorio	Metodológica	El fotómetro del actiwatch utilizado mostro ser un indicador poco fiable. Además, no se no se recolectaron muestras seriadas de melatonina en suero o saliva, que son consideradas biomarcadores más precisos para evaluar los efectos circadianos.

Tabla 1: Continuación

AUTOR (ES)	AÑO	PAÍS DE ESTUDIO	ENFOQUE DEL ESTUDIO	TIPO DE LIMITACIÓN	DETALLE DE LIMITACIÓN
Yoon et al.	2023	Corea del Sur	Exploratorio	Metodológica y Ambiental	Pequeño tamaño de muestra de 14 participantes y corta duración del estudio. Dado que la exposición de la luz natural forma parte de la vida cotidiana, resulto complicada medir la influencia completa de la iluminación artificial.
Mason et al,	2022	Estados Unidos	Experimental	Metodológica	Muestra limitada, lo que restringe la generalización de resultados. La exposición de una sola noche impide analizar efectos a largo plazo, y las condiciones controladas no reflejan escenarios reales.

Fuente: Elaboración propia

Este proyecto supera la limitación metodológica de estudios previos, que solo monitorean el sueño durante la exposición. Aquí se consideran las condiciones iniciales, el seguimiento durante la terapia y una tercera semana post terapia para obtener conclusiones más precisas. Además, cada participante llevará un diario del sueño para registrar sus hábitos.

III. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de iluminación circadiana basado en luces LED inteligentes con longitud de onda larga, orientado a mejorar la calidad del sueño en personas con insomnio.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Medir la calidad del sueño percibida por los participantes pre, durante y post exposición a la iluminación circadiana por medio de encuestas de satisfacción.
- Describir el impacto que tiene iluminación con longitud de onda larga en las fases del sueño, a través de los datos recopilados por smartwatches.
- Validar el uso de la iluminación circadiana como una herramienta eficaz y rentable en el tratamiento no farmacológico del insomnio, en colaboración con psicólogos y médicos general.

IV. MÉTODOS

En este capítulo se presentará la metodología que se desarrolló y los recursos utilizados durante la investigación para alcanzar el objetivo principal. La estructura incluye el enfoque, las variables de investigación, técnicas e instrumentos aplicados, población y muestra, metodología de estudio y validación y el cronograma de actividades.

4.1 ENFOQUE

Esta investigación adopta un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos que orientan la forma en la cual se va a proceder el estudio. El enfoque cualitativo se justifica por la subjetividad de las encuestas post exposición aplicadas a los participantes, así como las entrevistas realizadas a psicólogos y médicos generales. Esto va a permitir recolectar datos relevantes sobre el efecto que tiene la iluminación en el tratamiento del insomnio y conocer la perspectiva de los participantes y de profesionales en relación con la comodidad, efectividad y su validez. Por otro lado, el enfoque cuantitativo se fundamenta en la realización de pruebas piloto, en las que se plantea obtener mediciones sobre la calidad de sueño, incluyendo las fases REM y NREM, frecuencia cardíaca, y severidad del insomnio.

El alcance de esta investigación es exploratorio y explicativo. Se busca ampliar información sobre las causa-efecto entre la exposición de este tipo de iluminación y la calidad de sueño en estudiantes universitarios con insomnio a nivel nacional. Las terapias de iluminación han sido estudiadas e investigadas principalmente en países desarrollados, sin embargo, en Honduras este tema no se ha realizado las suficientes investigaciones donde se demuestre los beneficios para la población local ni que evalúen la viabilidad de su implementación. Se va a estar utilizando un diseño de investigación longitudinal cuasi experimental con un muestreo no probabilístico intensional. Las personas seleccionadas para la investigación van a cumplir ciertos criterios específicos garantizando que los participantes sean los adecuados para el estudio y se va a tener un grupo de control que permita realizar esa comparación entre los datos obtenidos en cada grupo. El periodo del estudio será longitudinal con el fin de ver sus beneficios por una cierta cantidad de días y comprobar que los efectos no hayan sido producto de una única noche. En la Tabla 2 se presenta un resumen detallado del enfoque adoptado en esta investigación.

Tabla 2: Enfoque de la investigación

Enfoque de investigación	Mixto
Alcance de investigación	Exploratorio y explicativo
Diseño de investigación	Longitudinal Cuasi experimental
Tipo de muestra	Muestreo no probabilístico intensional

Fuente: elaboración propia

4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

4.2.1 VARIABLES DEPENDIENTES

La variable dependiente que comprende este estudio es evaluar la calidad del sueño en jóvenes universitarios luego de la exposición a iluminación circadiana como terapia en contra del insomnio.

4.2.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Características de exposición:** La exposición a las luces comprende factores como la ubicación del LED, la duración de la terapia, la longitud de onda a utilizar y la intensidad. Aspectos determinantes para el impacto de la terapia circadiana, ya que son en parte responsables de la sincronización del reloj biológico y de los ritmos de sueño-vigilia.
- **Higiene del sueño:** Los hábitos y las rutinas de los participantes representan un factor importante. Los horarios de sueño regulares, el control del tiempo en pantalla, la frecuencia de la actividad física y una dieta balanceada forman parte de esos hábitos y rutinas que influyen en la calidad del sueño.
- **Condiciones del entorno:** El ambiente y sus características desempeñan un papel fundamental en la eficacia de la terapia. Disponer de condiciones óptimas, como una temperatura adecuada, filtración controlada de luz natural y un entorno cómodo para los participantes, favorece su correcta aplicación, ya que crea un espacio ideal para el descanso.

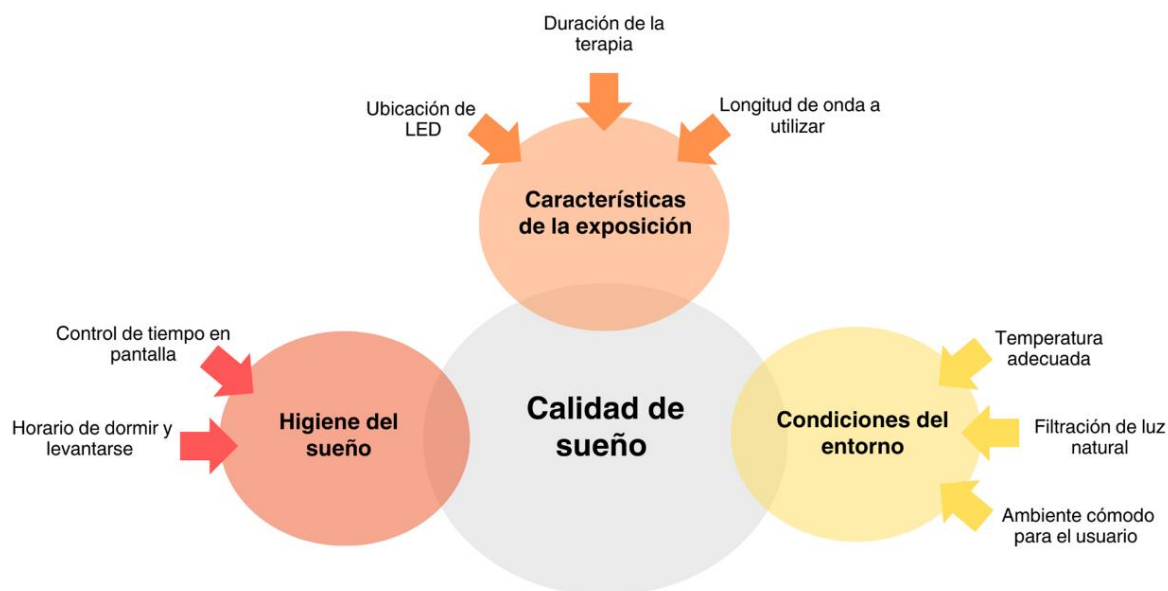


Ilustración 3: Variables dependiente e independientes

Fuente: Elaboración propia

4.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS APLICADOS

Para mejorar la calidad de sueño en estudiantes universitarios con insomnio se implementó un sistema de iluminación en la cual se dio uso de distintos instrumentos de medición, dispositivos médicos e instrumentos de evaluaciones y cuestionarios.

4.3.1 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

La recopilación de datos objetivos y cuantificables sobre las condiciones lumínicas y su impacto en la calidad de sueño requiere el uso de instrumentos que midan con precisión distintas variables. Estos datos van a permitir un mejor monitoreo del sueño y evaluación de parámetros específicos en el ambiente.

4.3.1.1 Smartwatch

Para la medición de las fases del sueño los participantes van a estar utilizando relojes inteligentes durante toda la noche. Estos dispositivos se basan en la hora a la que la persona se acuesta y los cambios de distintos parámetros mientras este se relaja. Su funcionamiento consiste en un acelerómetro que rastrea el movimiento en 3 ejes, un giroscopio, sensores de frecuencia cardíaca (FC), saturación de oxígeno y temperatura, cuyos datos se van analizando por un algoritmo que determina si el usuario se encuentra en fase REM o NREM. Los algoritmos utilizados en los relojes pueden variar según la marca o modelo del reloj, sin

embargo, de manera general consiste en ir tomando los valores obtenidos de los sensores durante determinadas épocas o tiempos y analizarlos mediante modelos matemáticos o de aprendizaje automático para estimar las diferentes fases del sueño. En la Tabla 3 se muestra el método de detección utilizado por la mayoría de los smartwatches que monitorean el sueño.

Tabla 3: Fases del sueño medidas por Smartwatch

FASES DEL SUEÑO	MÉTODO DE DETECCIÓN
Despierto	Se detecta cuando hay movimiento corporal frecuente y picos de FC durante la noche.
Ligero	Fase N1 y N2 del sueño. Registro de disminución en FC y temperatura. Movimientos corporales ligeros.
Profundo	Fase N3 del sueño. Detección de FC baja y estable. Ningún movimiento corporal.
REM	Movimiento Ocular Rápido. Detección de variabilidad en la FC y poco o ningún movimiento corporal.

Fuente: elaboración propia

4.3.1.2 Luxómetro

Un luxómetro es un dispositivo capaz de medir la cantidad de luz emitida por una fuente que incide sobre una superficie. El funcionamiento consiste en la captación de luz a través de una célula fotoeléctrica (foto detector) y este la convierte en un impulso eléctrico, los cuales son interpretados y mostrados en un display (lector) (Viresa, 2023). Las unidades son en luxes y en algunos casos este también tiene la capacidad de calcular la intensidad luminosa en candelas. Se va a estar dando uso del luxómetro para identificar cuanta luz llega a la camilla donde va a estar situado el estudiante. Esto permitirá tener un mejor control sobre la iluminación en el área de exposición, corroborando que no haya una variación en la distribución lumínica o si la intensidad está siendo lo suficiente para garantizar que la terapia se está realizando de forma correcta.

4.3.2 DISPOSITIVOS MÉDICOS

El dispositivo médico a utilizar va a ser necesario para el diagnóstico de parámetros específicos que nos indique de forma precisa como se encuentra el estudiante durante la exposición de la iluminación.

4.3.2.1 Oxímetro de Pulso

Un oxímetro de pulso es un dispositivo médico de índole no invasivo que posibilita el cálculo de la saturación de oxígeno en la sangre. Dispositivo que permite demostrar de manera confiable la saturación de oxígeno capilar periférica y las pulsaciones por minuto sin la necesidad de obtener una muestra de sangre a través de una punción (Barrera et al., 2023). La SpO_2 es un parámetro que varía según la fase del sueño de cada persona, por lo que se puede utilizar como un punto de partida para la medición del sueño y la detección de enfermedades como la apnea obstructiva del sueño (Scott et al., 2014).

Este estudio hace uso de un oxímetro de pulso para evaluar las condiciones iniciales de los participantes antes de ser expuestos a la terapia de luz. A través de este dispositivo médico, se registrará la frecuencia cardíaca de los participantes antes y después de la aplicación de la terapia, proporcionando así información sobre la fisiología de los participantes. Estos valores permitirán establecer una comparación entre las condiciones iniciales de los participantes y los cambios fisiológicos que aparecen debido a la inducción a la terapia.



Ilustración 4: Oxímetro de Pulso

Fuente: (El oxímetro de pulso y el COVID-19 | Universidad Anáhuac México, 2022)

4.3.3 INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN

En esta sección se va a estar abordando los instrumentos de evaluación utilizados en este estudio, los cuales son fundamentales para tener una visión un poco más completa sobre la calidad de sueño, síntomas de insomnio, hábitos, o factores que estén alterando tener un buen sueño en los participantes.

4.3.3.1 Índice de calidad del sueño de Pittsburgh (PSQI)

El cuestionario de PSQI es uno de los métodos más utilizado en entornos clínicos y de investigación para la evaluación de la calidad de sueño en un intervalo de tiempo de un mes

(Grandner et al., 2006). Este permite obtener patrones específicos del sueño y fundamentar la necesidad de realizar estudios aún más profundos o prescribir medicamentos para el tratamiento de trastornos del sueño. Consiste en 7 ítems que evalúan aspectos como la latencia del sueño, la duración, la eficiencia y otros factores relacionados. Cada ítem recibe un puntaje específico al final, basado en las respuestas proporcionadas. El rango total de puntuación entre todos los ítems va de 0 a 21 puntos, donde un puntaje cercano a 0 indica una mejor calidad del sueño y, por el contrario, un puntaje más alto significa una calidad de sueño deficiente.

En este estudio, el PSQI se está utilizando para conocer la calidad de sueño que poseen los estudiantes universitarios para posteriormente aplicar la terapia de iluminación con longitud de ondas largas. Este examen estará complementado con una encuesta al finalizar todas las terapias para así corroborar si hubo una mejoría con respecto a cómo los participantes han dormido en el último mes.

Tabla 4: Ítems y preguntas a evaluar en el PSQI

ÍTEM A EVALUAR	DEFINICIÓN	PREGUNTAS
Calidad Subjetiva del Sueño	Percepción personal sobre qué tan satisfactorio ha sido el sueño	Durante el último mes, ¿cómo valoraría en conjunto, la calidad de su sueño?
Latencia de Sueño	Tiempo promedio que tarda una persona en quedarse dormida después de acostarse	¿Cuánto tiempo habrá tardado en dormirse, normalmente, las noches del último mes?
		Durante el último mes, ¿cuántas veces no ha podido conciliar el sueño en la primera media hora?
Duración del sueño	Tiempo total promedio de cuantas horas durmió una persona	¿Cuántas horas calcula que habrá dormido verdaderamente cada noche durante el último mes?
Utilización de medicación para dormir	Frecuencia de uso de fármacos para conciliar el sueño	Durante el último mes, ¿cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?

Tabla 4: Continuación

ÍTEM A EVALUAR	DEFINICIÓN	PREGUNTAS
Eficiencia del sueño	Promedio entre el tiempo total dormido y el tiempo total pasado en la cama	Durante el último mes, ¿a qué hora se ha levantado habitualmente por la mañana?
		Durante el último mes, ¿cuál ha sido, normalmente, su hora de acostarse?
Perturbaciones del sueño	Interrupciones que afectaron la continuidad del sueño	Durante el último mes, cuantas veces ha tenido problemas de dormir a causa de: - Despertarse durante la noche o de madrugada. - Tener que levantarse para ir al servicio. - No poder respirar bien - Toser o roncar ruidosamente: - Sentir frío - Sentir demasiado calor - Tener pesadillas o malos sueños - Sufrir dolores - Otras razones. Por favor descríbalas:
		Durante el último mes, ¿cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía o desarrollaba alguna otra actividad? Durante el último mes, ¿ha representado para usted mucho problema el tener ánimos para realizar alguna de las actividades detalladas en la pregunta anterior?

Fuente: elaboración propia

4.3.3.2 Índice de severidad de Insomnio (ISI)

El índice de severidad del insomnio es una escala validada clínicamente similar al PSQI, con la diferencia que este evalúa síntomas de insomnio en el último mes. En este se evalúan una serie de preguntas en las que el usuario tiene que responder de manera sincera, y se obtiene un valor máximo de 28 puntos. Las puntuaciones totales arriba o igual a 15 se correlacionan como un diagnóstico médico de insomnio (Roth et al., 2022). Se va a utilizar antes de la terapia para validar si los que dicen no tener problemas de insomnio están diciendo la verdad, o si cuentan con todos los síntomas y no han sido diagnosticados. Los que dicen tener insomnio de igual forma se le hará la evaluación para tener aún más claro que severidad de insomnio es el que poseen. Cabe aclarar que esta escala no va a dar un diagnóstico como tal, sino va a dar indicios de la severidad en los síntomas de insomnio. Para un diagnóstico formal se requiere ir donde un profesional de salud que evalúe de manera más profunda las condiciones en las que se encuentra el paciente.

Tabla 5: Escala de puntuación del ISI

PUNTUACIÓN	SEVERIDAD DEL INSOMNIO
0 – 7	Sin evidencia de insomnio clínicamente significativo
8 – 14	Insomnio leve
15 – 21	Insomnio clínico moderado
22 – 28	Insomnio clínico grave

Fuente: elaboración propia

4.3.3.3 Encuestas

Se estarán utilizando encuestas para la recolección de datos a través de la plataforma de Google Forms. Esta herramienta permite diseñar cuestionarios personalizados con distintitos tipos de formas de preguntas como respuestas abiertas, de opción única o múltiple, según la configuración establecida por el autor. Al finalizar de la recolección de datos, se tiene la opción de visualizar de forma gráfica cada una de las respuestas o exportarlas de forma automática a un archivo de Excel, donde se podrá filtrar ciertas preguntas que se hayan realizado según sea necesario. De esta forma, el análisis y lectura de la información obtenida se vuelve más fácil y agiliza el proceso de la búsqueda de criterios específicos para el estudio.

4.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La muestra de este estudio es no probabilística intensional, ya que se seleccionó por conveniencia aquellos estudiantes que mejor cumplan con criterios establecidos. La muestra se escogió a través de una encuesta en Google Forms, la cual se compartió con todos los estudiantes de la facultad de ingeniería de UNITEC. El motivo por el cual se seleccionó la facultad de ingeniería fue porque generalmente se suele asociar que los estudiantes de esta facultad se desvelan más debido a la carga académica asociada a las matemáticas, físicas o el desarrollo de proyectos especializados. De igual forma, se optó por incluir estudiantes desde primer hasta último año, con el objetivo de analizar más a fondo ciertos hábitos de sueño que tienen según los diferentes rangos de edad y etapas universitarias.

El total de estudiantes que completaron con la encuesta fue de 124, de los cuales 38 de ellos indicaron que poseen un smartwatch. Para este estudio se va a estar necesitando que los participantes cuenten con un reloj inteligente propio para poder ir monitoreando las fases de sueño de los estudiantes durante un cierto periodo de tiempo. De estos 38, se comunicó con cada uno para explicarles un poco más a fondo sobre lo que iba a tratar el estudio y si estaban dispuestos a participar. Se descarto aquellas personas que manifestaron no estar interesados, y que no podían participar debido a incompatibilidad de horario. Quedando con una muestra final de 12 estudiantes.

De la muestra final el 66.7% (n=8) está constituido por mujeres y 33.3% (n=4) por hombres, con un rango de edad entre 17 a 25 años. Dentro de la muestra se incluyen las carreras de biomédica, civil, mecatrónica, sistemas computacionales e industrial, abarcando desde primer a cuarto año de carrera. De ellos el 58.3% (n=7) reporto dificultades para dormir y el 41.7% (n=5) indico tener un sueño adecuado. Esta segmentación permite tener definido en que grupo hubo mayor influencia tras la aplicación de la terapia.

Asimismo, se realizó una inducción más a fondo hablando sobre en qué iba a consistir el estudio, indicándoles el compromiso que este requiriere. Aquellas personas que indicaron tomar cafeína, alcohol, o nicotina antes de dormir, se les pidió que durante este periodo evitaran el consumo debido a que puede llegar a alterar los resultados.

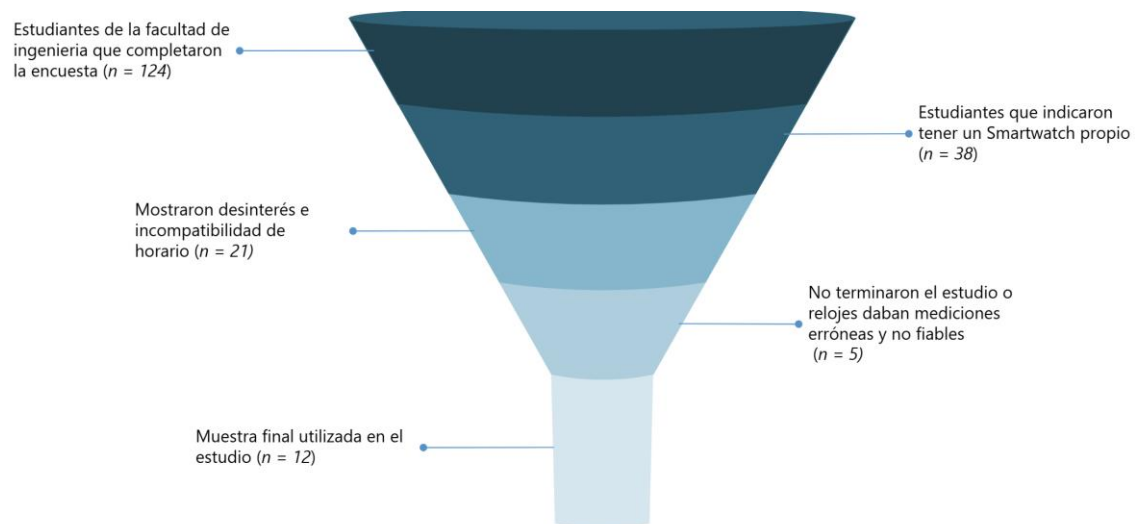


Ilustración 5: Población y muestra

Fuente: elaboración propia

4.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La metodología de estudio empleada es el método en cascada. Esta perspectiva guía un proceso de investigación en el que se identifican distintas fases y se trabajan secuencialmente, siendo crucial que se termine una antes que la otra dada la característica que las fases futuras dependen de sus antecesoras. Este enfoque ofrece un proceso de investigación estructurado, revisado y fiable, asegurando la coherencia y precisión en los resultados.

4.5.1 CARACTERÍSTICAS DEL PARTICIPANTE

Esta etapa indica a los participantes las características que deben poseer para formar parte del proyecto, cualidades que abarcan desde la marca y modelo de sus smartwatches, los parámetros de sueño que estos son capaces de medir y el su compromiso para utilizar el reloj durante las noches de medición. Las especificaciones de los smartwatches son cruciales, ya que, por fines estadísticos, sus dispositivos deben medir todos los mismos parámetros, tiempo despierto, sueño REM, sueño ligero y sueño profundo. Se despejaron dudas a los participantes de cómo se llevarán a cabo las mediciones y se prestó ayuda con la configuración del reloj y sus teléfonos en caso de que lo necesitaron. Tras unas pruebas de un día se decidieron dos marcas específicas para llevar a cabo el estudio, Samsung, Apple y Xiaomi de las cuales se harán comparaciones de las mediciones al momento de evaluar los resultados.

4.5.2 DEFINICIÓN DEL ESPACIO

Esta segunda fase incluye el montaje y adecuación del espacio en el que se lleva a cabo la terapia. Se debe de contar con un espacio en el cual se cuente con parámetros que transmita a los participantes una sensación de comodidad y que propicie el sueño. Se logra mediante el aislamiento de una parte del laboratorio de Ingeniería en Biomédica, asegurando la idoneidad de factores como la temperatura, filtración de luz y ruido. Dentro del recinto, se incluyen lámparas con los bombillos LED a la longitud de onda propuesta, una camilla personal acolchonada, además de otros elementos como mantas o almohadas que aseguren la comodidad de los participantes. Se hace uso de los instrumentos de medición para confirmar las condiciones de iluminación como la intensidad de la luz y su longitud de onda.

4.5.3 ACTIVIDADES PRE-TERAPIA

En esta tercera fase, se contactó a los estudiantes que finalizaron siendo parte de la muestra del estudio para comunicarles que iba a empezar la primera semana de mediciones, la de las condiciones iniciales. Se les solicitó empezar a hacer uso de sus relojes durante las cinco siguientes noches de los días de semana. Paso necesario para obtener las condiciones iniciales del sueño de estos, las cuales sirven como un punto de comparación entre las mediciones posteriores. Además de compartirles un nuevo Google Forms en el cual ellos pudieron registrar de forma diaria la perspectiva de su sueño del día anterior. Este formulario permitió crear a los participantes un diario del sueño, en el cual se comprenden factores como la hora en la que se acostaron, hora promedio en la que quedaron dormidos, tiempo total del sueño, hora de despertar y posibles otros factores que pudieron incidir de una forma u otra a su sueño.

4.5.4 APLICACIÓN DE LA TERAPIA

Tras la primera semana de medición sin terapia, se procede a entrevistar a los participantes para recolectar información de cómo han percibido su sueño en la semana anterior a la exposición y los hábitos que estos tuvieron antes de ir a dormir. Sucesivamente son sometidos a una medición de presión arterial no invasiva como parámetro de control, seguidamente se expone a los participantes a la terapia de iluminación, asegurando que el ambiente sea controlado y que no existan perturbaciones en ella. Para finalizar la segunda semana, se indica a los sujetos las instrucciones posteriores a la iluminación, las cuales incluyen un uso moderado

de los dispositivos electrónicos que son emisores de luz azul en horarios cercanos a los de dormir, así como cerciorarse del estado del reloj, como puede ser el porcentaje de batería y conexión a la aplicación colectora de datos.

4.5.5 SEGUIMIENTO POST TERAPIA

Finalmente, en la tercera semana de pruebas, se solicita a los estudiantes seguir haciendo uso de su smartwatch por las noches en forma de seguimiento a la segunda semana enfocada en la terapia. Los datos captados por el dispositivo de medición resultan cruciales para el análisis del estudio y presentación de resultados.

4.5.6 ANÁLISIS DE DATOS

Tras la finalización de las pruebas piloto, se procede a recolectar toda la información obtenida en las fases anteriores, incluyendo las respuestas de los índices PSQI e ISI, las encuestas diarias tras la exposición del día anterior, los datos medidos por el reloj durante las noches pre y post exposición. Una vez compilados todos los datos, se procede a analizar las mediciones por medio de cálculos estadísticos que permitan hacer comparaciones entre mediciones crudas y las que han sido afectadas por la terapia de iluminación, así como las mediciones de la tercera semana que corresponden a un seguimiento. Una vez realizados los cálculos, se abre la puerta a la interpretación de estos dando lugar a la identificación de tendencias que indiquen la efectividad de la terapia.

4.5.7 VALIDACIÓN PROFESIONAL

En esta última etapa, los datos obtenidos y analizados estadísticamente son presentados a un profesional de salud que de la validez de estos. Este paso da al estudio el respaldo de un experto convirtiéndolo en un trabajo completamente fidedigno.

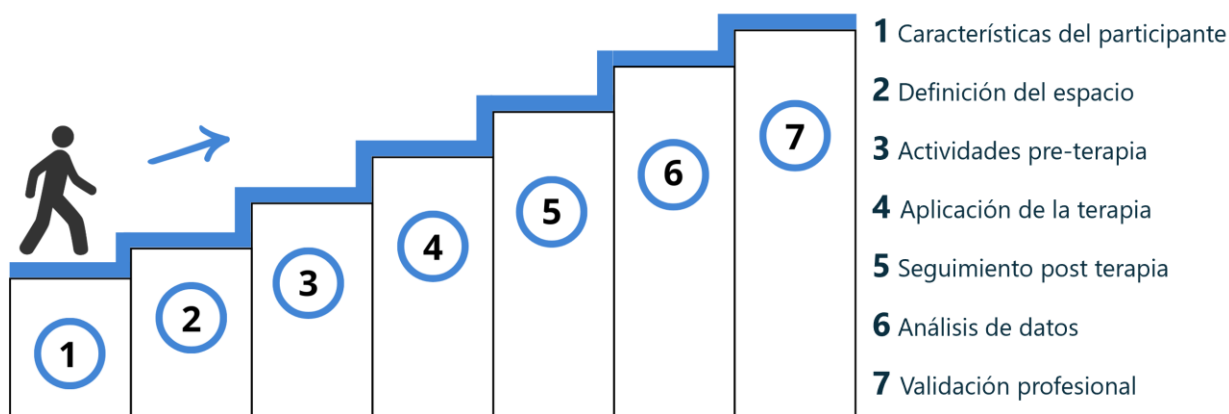


Ilustración 6: Metodología del estudio

Fuente: elaboración propia

4.6 METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN

4.6.1 VALIDACIÓN CON LA LITERATURA

Para validar que, a través de la iluminación circadiana, basado específicamente en longitud de ondas largas, se tiende a mejorar la calidad de sueño en personas con insomnio, se va a necesitar estudiar lo que dice la literatura. Se analizará cuanto tiempo ha pasado el estudiante en cada una de las fases del sueño, tiempo total dormido, frecuencia cardiaca y %SpO2. Debido a que el estudio abarca una fase pre-exposición y fase de exposición, los datos recopilados en ambas fases serán comparados con los valores de referencia establecidos en la literatura. Se considerará que la exposición ha sido efectiva si los valores medidos durante la fase de exposición se acercan más a los valores óptimos.

4.6.2 INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN

Como método de validación para corroborar que el estudiante tiene insomnio leve, moderado o grave se va a estar utilizando el ISI, que es una escala validada clínicamente y utilizada en una amplia cantidad de investigación a nivel mundial. De igual forma se va a estar utilizando el PSQI para evaluar la calidad de sueño que se ha tenido durante el último mes, confirmando que los valores totales obtenidos en el cuestionario reflejen la percepción que el estudiante tiene sobre su descanso.

4.6.3 SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES

Además de los datos recolectado a través de los relojes, se va a estar recibiendo retroalimentación diaria de los estudiantes sobre cómo han ido sintiéndose a lo largo del estudio. Esto con la intención de escuchar desde su punto de vista los cambios notados y validar si han sentido una mejoría en su conciliación de sueño, reducción de somnolencia y entre otros factores. Ya que la intención es que cualquier mejora no solo se refleje en los datos recopilados, sino también que sea percibido por los propios estudiantes.

4.6.4 OPINIÓN DE PROFESIONALES DE SALUD

Conocer la opinión y recomendaciones de profesionales de salud, especialmente de psicólogos y médicos generales respecto a los resultados obtenidos y sobre su utilización como terapia no farmacológica va a ser clave para su validación clínica y futuras mejoras.

4.7 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 6. Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMANAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Medición del área de trabajo										
Aplicación de encuesta a estudiantes de ingeniería										
Identificación y elección de instrumentos a utilizar										
Contactar y seleccionar participantes										
Medición de la calidad de sueño sin terapia										
Montaje y acondicionamiento del espacio										
Aplicación de la terapia con los estudiantes seleccionados										
Validación de datos con profesional de salud										
Retroalimentación y análisis de la calidad de sueño post exposición de la terapia										
Entrega de resultados										

Fuente: elaboración propia

4.8 OPERACIÓN DE LAS VARIABLES

En la Tabla 7 se presenta el cuadro de operación de las variables usada en el estudio, en el cual se define la definición, dimensión e indicadores de cada uno de los objetivos y variables.

Tabla 7: Operación de las variables

OBJETIVO	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
GENERAL	DEPENDIENTE			
Medir la calidad del sueño percibida por los participantes post exposición a la iluminación circadiana por medio de encuestas de satisfacción.	Calidad del sueño	La calidad de sueño se define por el nivel de descanso, la continuidad sin interrupciones y sensación de recuperación física al despertar.	Eficiencia y conciliación del sueño y somnolencia diurna	Medición de las fases del sueño tras la aplicación de la terapia, y niveles de fatiga expresado por los participantes durante el día siguiente.
ESPECIFICO	INDEPENDIENTE			
Describir el impacto que tiene iluminación con longitud de onda larga en las fases del sueño, a través de los datos recopilados por smartwatches	Características de exposición	Las características de la exposición abarcan factores como la posición, intensidad y longitud de onda del LED, para la correcta regulación de los ciclos de sueño-vigilia,	Iluminancia y longitud de onda aplicada durante la terapia	Nivel de luxes y longitud de la luz en la superficie de la camilla donde estará ubicado el estudiante.

Tabla 7: Continuación

OBJETIVO	VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
ESPECÍFICO	INDEPENDIENTE			
Medir la calidad del sueño percibida por los participantes post exposición a la iluminación circadiana por medio de encuestas de satisfacción.	Higiene del sueño	Son los comportamientos diarios, desde los horarios de sueño, el uso de pantallas, la alimentación, hasta la actividad física que influyen de manera significativa en la calidad del descanso.	Hábitos regulares que pueden llegar a afectar el sueño y consumo de algún medicamento para dormir	Respuestas obtenidas a través de las encuestas
Validar el uso de la iluminación circadiana como una herramienta eficaz y rentable en el tratamiento no farmacológico del insomnio, en colaboración con psicólogos y médicos generales.	Condiciones del entorno	Se refiere a todas las variables y factores del entorno que deben ser controlados para garantizar la correcta aplicación de la terapia, proporcionando un espacio ideal para el descanso.	Dimensiones adecuadas del lugar donde se realizará la exposición, comodidad, y correcto acondicionamiento	Nivel de confort térmico, ambiental y de comodidad expresados por los participantes.

Fuente: Elaboración propia

4.9 MATRIZ METODOLÓGICA

En la Tabla 8 se presenta la matriz metodológica usada en el estudio, en el cual se define el problema de investigación, preguntas de investigación, objetivos, variables y herramientas aplicadas.

Tabla 8: Matriz metodológica

TÍTULO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS
Análisis del uso de iluminación circadiana como estrategia de apoyo para atenuar los problemas de insomnio	El insomnio afecta a una gran parte de la población, impactando la salud física, mental y la calidad de vida, además de generar costos económicos significativos. En Honduras, la falta de especialistas en medicina del sueño y la limitada disponibilidad de estudios diagnósticos dificultan su tratamiento. Factores como el estrés, el uso excesivo de pantallas y	¿Cómo impacta la implementación de un sistema de iluminación circadiana basado en luces LED inteligentes de longitud de onda larga en la calidad del sueño de personas con insomnio?	Implementar un sistema de iluminación circadiana basado en luces LED inteligentes con longitud de onda larga, orientado a mejorar la calidad del sueño en personas con insomnio.	Evaluar la calidad del sueño en jóvenes universitarios luego de la exposición a iluminación con longitud de onda larga como terapia en contra del insomnio.	Datos recolectados por los smartwatches, encuestas a los participantes.
		ESPECÍFICOS		INDEPENDIENTES	
		¿Qué impacto tiene la iluminación con longitud de onda larga en las fases del sueño según los datos recopilados por smartwatches?	Describir el impacto que tiene iluminación con longitud de onda larga en las fases del sueño, a través de los datos recopilados por smartwatches.	Características de exposición	Datos recolectados por los smartwatches

Tabla 8: Continuación

TÍTULO	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS
Análisis del uso de iluminación circadiana como estrategia de apoyo para atenuar los problemas de insomnio.	largas jornadas laborales agravan el problema, incrementando el riesgo de enfermedades cardiovasculares y deterioro cognitivo. Ante esta situación, surge la necesidad de explorar alternativas accesibles y efectivas para evaluar y mejorar la calidad del sueño.	ESPECÍFICOS		INDEPENDIENTES	Encuestas a los participantes.
		¿Cómo perciben los participantes la calidad de su sueño después de la exposición a la iluminación circadiana, según encuestas de satisfacción?	Medir la calidad del sueño percibida por los participantes post exposición a la iluminación circadiana por medio de encuestas de satisfacción.	Higiene del sueño	
		¿Es la iluminación circadiana una herramienta eficaz y rentable para el tratamiento no farmacológico del insomnio, según la validación de psicólogos y médicos generales?	Validar el uso de la iluminación circadiana como una herramienta eficaz y rentable en el tratamiento no farmacológico del insomnio, en colaboración con psicólogos y médicos general.	Condiciones del entorno	Entrevistas a los psicólogos y médicos.

Fuente: Elaboración propia.

V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se presentará todos los datos recolectados pre, durante y post exposición a la iluminación circadiana, junto con el análisis correspondiente a cada etapa del desarrollo del estudio. Asimismo, se incluirán las entrevistas realizadas a profesionales de la salud, para conocer su perspectiva sobre el uso de esta terapia.

5.1 PARTICIPANTES

El número total de participante fue de 12 estudiante divididos en las carreras de Ingeniería en Biomédica ($n=4$), Ingeniería en Mecatrónica ($n=1$), Ingeniería Civil ($n=3$), Ingeniería Industrial y de Sistemas ($n=1$) e Ingeniería en Sistemas Computacionales ($n=3$), en el cual 8 son mujeres y 4 hombres. Cabe señalar que las mujeres suelen tener cambios en sus hábitos de sueño debido a su ciclo menstrual, así como también, requerir dormir por más horas para asegurar su descanso. Para considerar estos elementos se consultó a las participantes sobre la percepción asociada a cambios en su rutina de sueño a causa de estos, resultando en que solo una participante mencionó que en ocasiones el ciclo menstrual puede ocasionarle incomodidad para dormir, pero destacó que no es algo que afecte de manera considerable su descanso.

Dentro de este grupo el 75% posee un Apple Watch, el 16.66% un Samsung Watch y el 8.33% un Xiaomi. A pesar de las diferencias entre marcas y modelos, esto no afecta la comparabilidad de los datos ya que todos estos relojes inteligentes cuentan con sensores similares de frecuencia cardíaca y movimiento, además de emplear algoritmos que siguen el mismo principio de funcionamiento para la detección y análisis del sueño. Cada uno de los participantes fue monitoreando con su reloj las fases y tiempo total de sueño. Así mismo se les solicitó llenar un diario de sueño durante las 3 etapas del estudio.

Para llevar un mejor manejo de todos los participantes, se dividió a los estudiantes en 2 grupos distintos. Esto permitió tener una mayor organización en los horarios de exposición de los estudiantes sin interferir con sus responsabilidades académicas y personales. En el primer grupo la exposición a la iluminación inicio a las 1:40 p.m. y concluyó con la última sesión a las 6:30 p.m. Si bien la intención era realizar la exposición lo más tarde posible para evitar que los estudiantes no se expongan a la luz blanca de los pasillos de la universidad, la cafetería o de

cualquier otro espacio luego de la aplicación de la terapia, estos fueron los horarios que mejor se lograron acordar con base a la disponibilidad que ellos tenían.

Para el segundo grupo, se logró ajustar un horario más flexible, permitiendo que la última sesión finalizara a las 8:30 p.m., siendo ideal para mayores beneficios de la terapia. No obstante, una de las estudiantes comentó que únicamente podía asistir de 12:40 a 1:10 p.m. Como consecuencia, el segundo grupo inició las sesiones a un horario más temprano, pero se finalizó más tarde, quedando con un esquema de sesiones que se extienden desde las 12:40 p.m. hasta las 8:30 p.m. de lunes a viernes.

Tabla 9: Información de participantes

GRUPO	ID DE ESTUDIANTE	GENERO	EDAD	AÑO DE CARRERA	MARCA DE RELOJ	HORA DE EXPOSICIÓN
1	22341217	Femenino	18	2do año	Apple	13:40 - 14:10
	22111041	Femenino	22	5to año	Apple	16:00 - 16:30
	22311294	Femenino	18	3er año	Apple	16:30 - 17:00
	22511239	Femenino	17	1er año	Xiaomi	17:00 - 17:30
	22051002	Femenino	21	5to año	Apple	17:30 - 18:00
	22111231	Femenino	22	4to año	Apple	18:00 - 18:30
2	22311145	Femenino	20	3er año	Samsung	12:40-13:10
	21921073	Masculino	23	5to año	Apple	16:00-16:30
	22241059	Femenino	19	2do año	Apple	15:30-16:00
	22311018	Masculino	19	3er año	Apple	17:30-18:00
	22011219	Masculino	24	4to año	Samsung	18:45-19:15
	22341227	Masculino	19	2do año	Apple	20:00-20:30

Fuente: elaboración propia

A los 12 estudiantes seleccionados se les consultó si habían tenido dificultades para conciliar el sueño durante los primeros 30 minutos después de acostarse, uno de los principales síntomas del insomnio. De ellos el 50% indicó problemas para conciliar el sueño. A los que indicaron tener este problema se les pregunto la frecuencia con el que sufren de esta dificultad y 4 de ellos indicaron más de 3 meses, y los 2 restantes menos de 3 meses. Con esta información, junto con los cuestionarios clínicamente validados, se estableció un grupo de control, compuesto por quienes no presentan problemas de sueño, y otro grupo con síntomas de insomnio, conformado por los estudiantes que reportaron dificultades para dormir.

5.1.1 GRUPO CONTROL

Para la selección del grupo de control se utilizó el cuestionario de PSQI e ISI, con la intención de evaluar la calidad de sueño y severidad del insomnio en los participantes. Se consideraron aptos para este grupo aquellas personas que reportaron, en la primera encuesta realizada, tener una buena calidad de sueño y no tener problemas para dormirse en los primeros 30 minutos. Así como también, cuyos puntajes en ambos cuestionarios fueron bajos. La inclusión de este grupo de control en el estudio permitirá establecer una comparación para determinar con mayor precisión los efectos de la iluminación circadiana en ambos grupos, y analizar si esta exposición ofrece beneficios adicionales incluso en individuos con una calidad de sueño óptima.

Tabla 10: Grupo de control

ID DE ESTUDIANTE	PUNTAJE EN EL PSQI	PUNTAJE EN EL ISI
22341217	7	8
22311294	11	8
22111041	5	4
22011219	11	10
22311018	4	13
22341227	6	10

Fuente: elaboración propia

5.1.2 GRUPO CON SÍNTOMAS DE INSOMNIO

Para la selección de los participantes de este grupo se utilizó nuevamente los cuestionarios de PSQI e ISI, además de las respuestas obtenidas en la primera encuesta realizada. Se incluyeron a aquellos estudiantes que indicaron tener problemas para dormir durante los primeros 30 minutos, que sentían que no tenían una buena calidad de sueño, y cuyos puntajes en el PSQI e ISI fueron elevados. Cabe destacar que los estudiantes incluidos en este grupo no necesariamente debían de contar con un diagnóstico clínico de insomnio, pero si, que cuya calidad de sueño estuviera comprometida, debido a diversos factores como problemas para conciliar el sueño, despertares nocturnos, sensaciones de descanso insuficiente, o mala higiene del sueño que puede terminar desencadenando trastornos como el insomnio.

Dentro del grupo, se encuentra la estudiante con número de ID 22051002 y el estudiante con ID 22341227, que fueron los únicos que indicaron tener una condición médica diagnosticada que afectara su sueño. La participante 22051002 fue diagnosticada con niveles de cortisol alto. La sobreproducción de esta hormona está asociada con la inhibición de la

producción de melatonina, provocando que haya mayor dificultad para conciliar el sueño, este provoca despertares frecuentes y genera alteraciones en el ciclo sueño-vigilia. Para contrarrestar estas alteraciones, la estudiante indicó que necesita consumir suplementos en base a magnesio casi a diario para poder dormirse temprano y conseguir un sueño reparador. El magnesio ha sido clínicamente demostrado como una solución para tratar trastornos de sueño, favoreciendo en la regulación del eje HHA, que es clave en la producción de cortisol, y para favorecer la función de ciertos neurotransmisores como el GABA, que tiene un efecto calmante.

Por otro lado, el estudiante con ID 22341227, fue diagnosticado con migraña crónica. Este problema se caracteriza por dolores de cabeza intensos y recurrentes en puntos específicos. La presencia de este dolor genera que se active el sistema nervioso simpático y dificulta la relajación necesaria para un descanso reparador. El estudiante indicó que cada vez que siente estos dolores tiene que tomar medicamentos para poder dormir bien.

Tabla 11: Grupo con síntomas de insomnio

ID DE ESTUDIANTE	PUNTAJE EN EL PSQI	PUNTAJE EN EL ISI
21921073	8	17
22511239	9	16
22051002	12	19
22111231	13	10
22311145	12	15
22241059	11	17

Fuente: elaboración propia

5.2 CARACTERÍSTICAS DEL ESPACIO

El espacio seleccionado para la realización del estudio fue el laboratorio de biomédica ubicado en el primer piso del tercer edificio de UNITEC San Pedro Sula. Con el propósito de establecer un entorno controlado, se delimitó un área de 15.91 m² dentro del laboratorio, asegurando un espacio lo suficientemente amplio que proporcione comodidad a los participantes y evitar sensaciones de agobio o incomodidad. El área se dividió utilizando pliegos de nailon color negro, los cuales iban pegados desde el techo hasta el suelo funcionando como una barrera que impide la filtración de luz externa. La elección del color negro fue debido a que este color absorbe la mayor parte del espectro de la luz, reduciendo así la posibilidad de contaminación lumínica dentro del recinto. Además, permitió generar un

ambiente totalmente oscuro, cuya única luz iba a ser la de la iluminación circadiana utilizada para el estudio.

Dentro del área se encuentran 3 rejillas de ventilación que mantuvieron una temperatura ambiental en un rango 19 a 21 °C, lo que resulta ideal en comparación a los 68 °F recomendados por la AASM para un entorno propicio para el sueño. En el centro del espacio se colocó una camilla de 1.84m de largo y 0.62m de ancho para que los participantes puedan acostarse durante las todas las sesiones. Cabe recalcar que cada participante fue consultado si necesitaba de alguna almohada extra o una cobija con el fin de tener más comodidad durante la exposición. En la Ilustración 7 se observa a una representación gráfica del área donde se realizó la exposición.

Ilustración 7: Espacio donde se realizó la exposición a la luz



Fuente: elaboración propia

5.2.1 BOMBILLOS LED UTILIZADOS

Para tener una iluminación circadiana optima se instalaron 4 bombillos LED Wivety BR18-SF2Q, los cuales permiten regular la intensidad lumínica de forma programada mediante un control remoto. Este control permite configurar los bombillos de forma que se vayan atenuando progresivamente en intervalos de 5, 15 o 30 minutos hasta su apagado automático. Se eligió este modelo de bombillo ya que este emite una luz ámbar de 1600K, y se caracteriza por la reducción del 99.95% de la luz azul. Dichas especificaciones, visualizadas más a fondo

en la Ilustración 8, permiten minimizar los efectos adversos de la iluminación convencional y obtener un ambiente idóneo para un descanso adecuado.

Ilustración 8: Especificación técnica de bombillos utilizados

Marca	Wivety
Tipo ligero	LED
Características especiales	Eye-Friendly
Potencia	9 vatios
Tamaño de la forma de la bombilla	ED28
Base del foco	E27
Potencia incandescente equivalente	4E+1 Vatios
Color claro	amber
Voltaje	1.2E+2 Voltios
Recuento de unidades	4.0 Conteo
Temperatura de color	1.6E+3 Kelvin
Número de artículos	4
Brillo	800 lumen
Forma	Arbitrary(A)
Uso en interiores y exteriores	Interior
Fuente de alimentación	Corded Electric
Tipo de fuente de luz	LED
Potencia de la fuente de luz	9 Vatios
Frecuencia de voltaje aceptada	100 a 120 voltios y 60 hertz

Fuente: (Amazon)

5.2.2 CÁLCULO DEL FLUJO LUMINOSO

Para la correcta definición del espacio, además del tener un entorno lo suficientemente cómodo y agradable para el participante, se requiere lograr una distribución de luz óptima siguiendo ciertas normativas y procedimientos establecidos en el diseño de iluminación. Entre estas normativas se encuentra el cálculo del flujo luminoso, que puede definirse como la cantidad total de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones. Su cálculo permite determinar los lúmenes necesarios en un área y establecer el numero adecuado de luminarias a utilizar. Para esto, se consideran factores como la reflectancia de las paredes, techos y suelo, el área del recinto, factor de utilización, la altura útil, entre otros. La altura útil, se refiere a la distancia vertical entre la fuente de luz y la superficie que se quiere iluminar, que, en este caso, sería la camilla donde estará acostado los participantes.

Como primer cálculo se requiere conocer el índice de local (k) a partir de las dimensiones del recinto. Para ello, se utiliza la siguiente fórmula:

$$K = \frac{Largo \times Ancho}{Altura\ util \times (Largo + Ancho)}$$

$$K = \frac{4.94 \times 3.22}{1.85 \times (4.94 + 3.22)}$$

$$K = 1.0537$$

Ecuación 1: Índice de local (K)

Fuente: (Riva, 2018)

Una vez conocido el índice del local, se determina los coeficientes de reflexión de techo, pared y suelo. Para conocer estos valores ya existen tablas estandarizadas que establecen valores generales de referencia según el material y el color de cada superficie. A continuación, se presenta la tabla con los valores estandarizados típicos de reflexión para techo, pared y suelo:

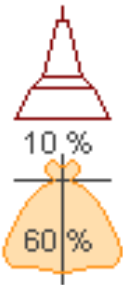
Tabla 12: Coeficiente de reflexión

	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN
TECHO	Blanco o muy claro	0.70
	Claro	0.50
	Medio	0.30
PAREDES	Claro	0.50
	Medio	0.30
	Oscuro	0.10
SUELO	Claro	0.30
	Oscuro	0.10

Fuente: (martinrf, 2012)

Tomando en cuenta las características del recinto, se determinó que el techo, al ser de color claro, tiene un coeficiente de reflexión de 0.50. Las paredes, de un tono oscuro, presentan un coeficiente de reflexión de 0.10, lo que significa que absorben la mayor parte de la luz y refleja solo un pequeño porcentaje de este. Por otro lado, el suelo, al ser un color claro, se determinó con un factor de reflexión de 0.30. Conociendo estos valores se puede determinar el factor de utilización, el cual representa la relación entre la cantidad de luz que realmente llega al plano de trabajo y la cantidad de luz emitida por la fuente. Para conocer el factor de utilización se utilizó la siguiente tabla de referencia:

Ilustración 9: Factor de utilización

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)														
		Factor de reflexión del techo														
		0.8					0.7			0.5			0.3		0	
		Factor de reflexión de las paredes														
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0			
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30			
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37			
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41			
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45			
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48			
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52			
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54			
	3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56			
	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58			
f_m	.70	.75	.80	.5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Fuente: (martinrf, 2012)

Una vez establecido el factor de utilización, que en este caso es de 0.45, es necesario determinar la iluminancia media requerida. Este valor va a variar según el tipo de espacio donde se instalará las luminarias. Para este estudio, se ha seleccionado un dormitorio, ya que el espacio creado trata de simular una habitación estándar. Según lo establecido, el nivel de iluminación recomendado para una habitación normal es de 100 lx. Este valor es el utilizado para garantizar una iluminación lo suficientemente óptima para realizar actividades básicas sin generar un exceso de luminosidad que pueda afectar la vista de la persona.

Como último paso, se determinó el factor de mantenimiento del recinto. Si el área es considerada un espacio limpio, con adecuado mantenimiento y baja exposición a partículas contaminantes, se utiliza un factor de mantenimiento de 0.8. En cambio, si el entorno se califica como sucio, con alta acumulación de basura o agentes infecciosos, se considera con un factor de 0.6. Dado que el área donde se realizará la exposición simula un dormitorio, se considera como un ambiente limpio.

Tabla 13: Factor de mantenimiento (f_m)

AMBIENTE	FACTOR DE MANTENIMIENTO (F_m)
Limpio	0.8
Sucio	0.6

Fuente: (martinrf, 2012)

Teniendo cada uno de estos datos, lo único que haría falta es sustituir cada valor en la ecuación del flujo luminoso total. Esto permitirá calcular la cantidad exacta de lúmenes requeridos para garantizar una iluminación adecuada en el área específica de estudio.

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

$$\Phi_T = \frac{100 \cdot (4.94 \times 3.22)}{0.45 \cdot 0.8}$$

$$\Phi_T = 4418.55 \text{ lm}$$

Ecuación 2: Flujo luminoso total (Φ_T)

Fuente: (martinrf, 2012)

donde:

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

Con el flujo luminoso total requerido para el área de estudio, es posible calcular la cantidad de focos necesarios para alcanzar el nivel de iluminación deseado. Para esto es importante conocer la cantidad de lúmenes de cada bombillo de luz, ya que cada tipo de iluminaria tiene especificaciones distintas. Tomando la especificación técnica de bombillo LED Wivety BR18-SF2Q esta indica tener un brillo de 900 lúmenes. A partir de esta información, se obtiene la cantidad de bombillos necesarios:

$$4418.55 \text{ lm} \times \frac{1 \text{ Bombillo}}{900 \text{ lm}} = 4.90 \text{ Bombillos}$$

Ecuación 3: Calculo de bombillos según luminosidad

Fuente: elaboración propia

Considerando que no se pueden obtener 4.90 bombillos, se optó por utilizar un total de 4 bombillos. Esta decisión se basó en que el propósito principal de los focos es inducir al sueño, no necesariamente a brindar una iluminación adecuada para la realización de actividades diarias que se llevan a cabo en un dormitorio. La utilización sería diferente a la de un foco convencional ya que se busca crear un ambiente relajante y que promueva el descanso.

Además, el tipo de bombillo seleccionado para el estudio se comercializa comúnmente en paquetes de 4 unidades, lo que lo hace más conveniente y práctico optar por una cantidad de 4 bombillos de luz.

Comúnmente, luego de haber definido el número de bombillos necesarios para tener la correcta iluminación de un área específico, estos se distribuyen de manera uniforme en filas paralelas siguiendo una formula establecida. Sin embargo, para maximizar los efectos de la iluminación circadiana estos se colocaron alrededor de la camilla. Dos bombillos fueron puestos a los costados de la camilla y otros dos posicionados en la cabecera y los pies de esta. Distribución que permitió que la mayor concentración de luz estuviera dirigida específicamente hacia la zona de interés. Para verificar que la ubicación donde se encuentra la camilla fuera el área con la mayor intensidad lumínica se llevó a cabo el cálculo de iluminancia promedio del recinto.

5.2.3 ILUMINANCIA PROMEDIO DEL RECINTO

Según la Res SRT N° 84/12, normativa que establece procedimientos válidos y legalmente reconocidos para la medición de iluminación, el método más utilizado para determinar la iluminancia promedio en un área en específico es la técnica basada en una cuadrícula de puntos de medición. Este método consiste en dividir toda la zona a analizar en cuadrantes de igual tamaño permitiendo así tener un cobertura completa y uniforme del área de estudio. Las mediciones son tomadas en cada cuadrante a una altura que varía entre 0.8 a 1 metro sobre el suelo. Dicha normativa menciona que la precisión de la iluminación media depende directamente del número de puntos de medición utilizados. Para conocer el número mínimo de puntos a evaluar la Res SRT N° 84/12 brinda la cantidad mínima de mediciones requeridas en función del índice del local (k) calculado.

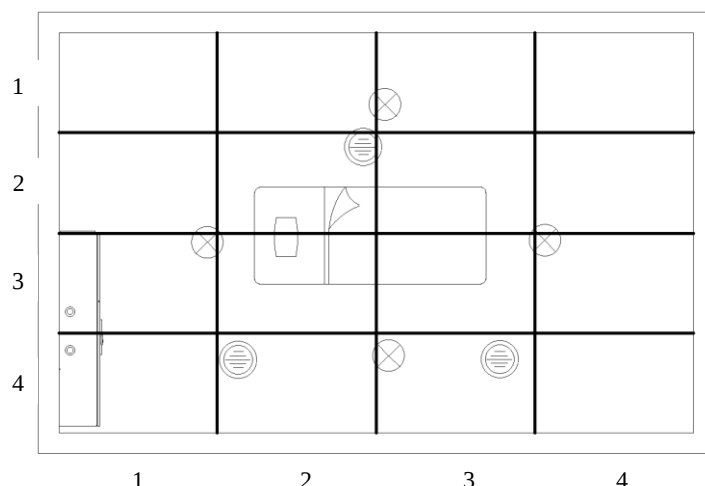
Tabla 14: Número mínimo de puntos de medición (N)

ÍNDICE DEL LOCAL (K) RES SRT 84/12	X (K REDONDEADO)	N NÚMERO MÍNIMO DE PUNTOS A EVALUAR
≤ 1	1	9
$1 < k \leq 2$	2	16
$2 < k \leq 3$	3	25
$k > 3$	4	36

Fuente: (Riva, 2018)

Utilizando el índice local (k) previamente calculado, con un valor de 1.0537 y consultando con la tabla proporcionado por la Res SRT 84/12, se determinó que el número mínimo de puntos a evaluar debía de ser 16. En la Ilustración 10 se muestra cómo se dividió el recinto y la ubicación de los puntos de medición.

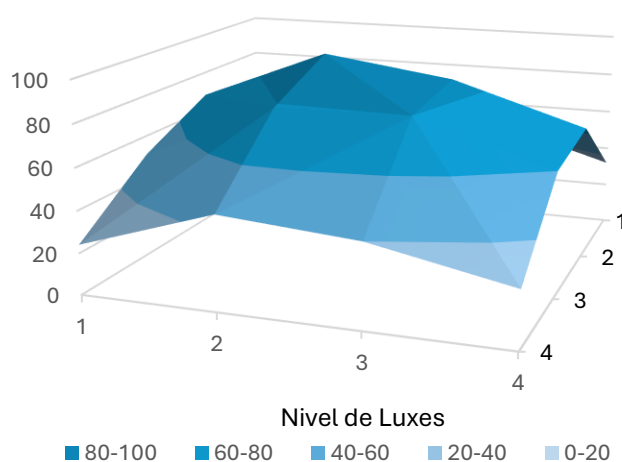
Ilustración 10: Medición de iluminación mediante método de cuadrícula



Fuente: elaboración propia

En cada cuadrante, se midió la iluminancia utilizando un luxómetro, situándolo aproximadamente a 1 metro de altura sobre el suelo, y se anotó cada lectura para posteriormente elaborar un gráfico que permitiera visualizar de una manera más clara y ordenada la distribución de la luz en el área. Como se puede observar en la Ilustración 11, la mayor concentración de lux se ubicó en el centro del área, justo sobre la camilla, que era el objetivo principal al momento de colocar las luces.

Ilustración 11: Distribución de luz sobre la superficie



Fuente: elaboración propia

Contando con la medida de cada uno de los cuadrantes, se utilizó la ecuación de iluminancia promedio para conocer el nivel de iluminancia en el área de estudio. Esta ecuación permite observar un valor representativo de la distribución de la luz a partir de la suma de las mediciones obtenidas en cada cuadrante dividida entre la cantidad de puntos dada por la tabla de Res SRT 84/12. Colocando los datos obtenidos en la ecuación, se determinó una iluminación promedio de 55.25 lux. Aunque este valor es inferior a los 100 lux recomendados en la literatura para iluminar un dormitorio, es importante considerar que la iluminación en este caso se empleó exclusivamente para inducir el sueño, por lo tanto, este valor resulta adecuado para cumplir su propósito sin afectar la vista y la conciliación de sueño.

$$E_m = \frac{\sum \text{valores medidos (lux)}}{\text{Cantidad de puntos medidos}}$$

$$E_m = \frac{884}{16} = 55.25 \text{ lx}$$

Ecuación 4: Cálculo de nivel de iluminación promedio (E_m)

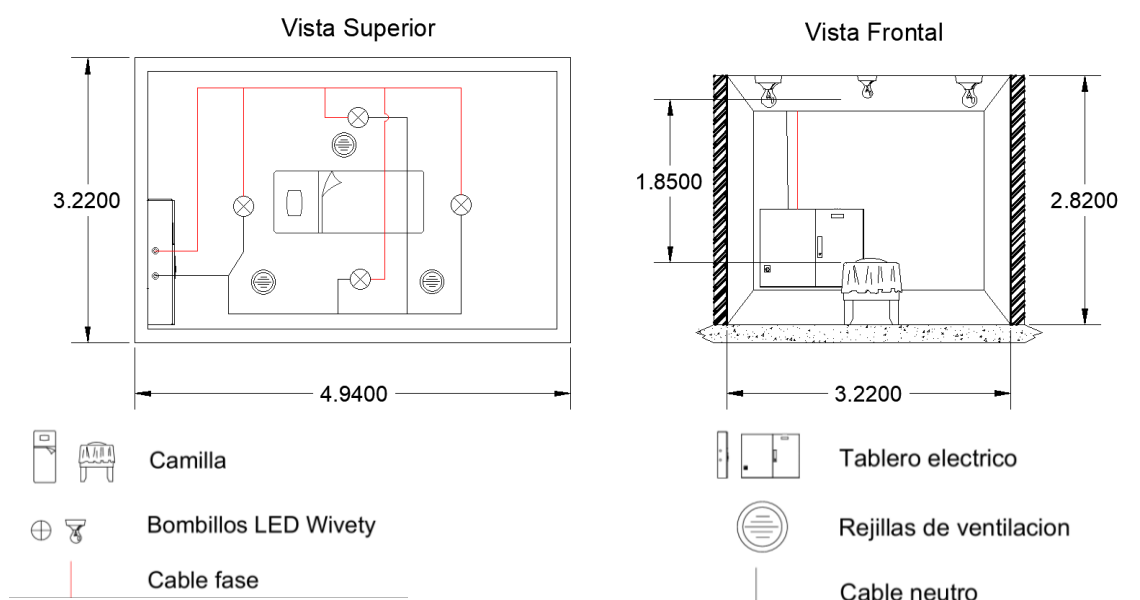
Fuente: (Riva, 2018)

5.2.4 CONEXIÓN ELÉCTRICA

El circuito comienza con un tablero eléctrico, el cual permite dividir la energía eléctrica proveniente de un tomacorriente del laboratorio de biomédica. Para la protección eléctrica del circuito, se utilizó un breaker unipolar de 15A utilizado comúnmente en instalación de iluminación. Considerando que la potencia total de los 4 bombillos es de 36W, el breaker seleccionado es más que suficiente para soportar la carga del circuito y asegurar un funcionamiento seguro.

Desde el breaker, se extienden el cable de fase y el neutro del circuito. Desde cada uno de estos cables principales, se derivan 4 ramas las cuales se dirigen hacia cada uno de los bombillos, formando así dos nodos, correspondiente a la fase y al neutro. La configuración empleada para la conexión de los bombillos es en paralelo, lo que garantiza que cada bombillo reciba el mismo voltaje proporcionado por la fuente. De esta forma se logró una distribución homogénea de la energía eléctrica y se evita cualquier problema de variaciones en la intensidad luminosa de los bombillos.

Ilustración 12: Vista frontal y superior del espacio de exposición

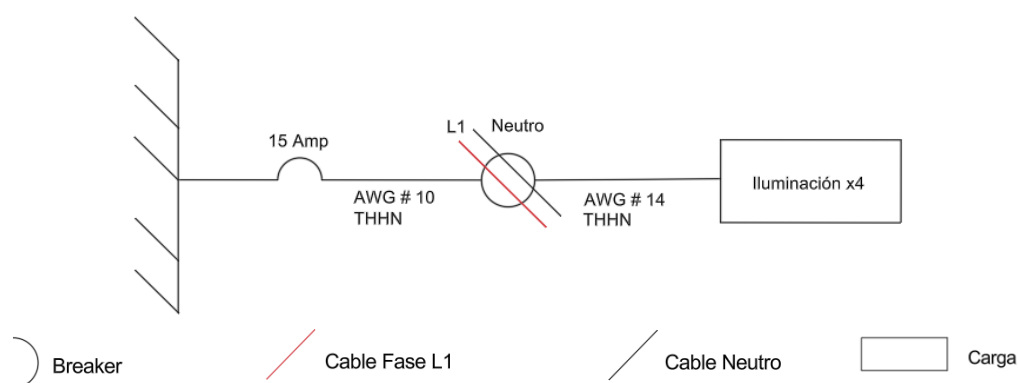


Fuente: Elaboración propia

5.2.5 DIAGRAMA UNIFILAR

La Ilustración 13 presenta el diagrama de potencia que representa la distribución del sistema de iluminación dentro del espacio desde el inicio hasta su final. Dado que cada bombillo tiene una potencia de 9 W y el circuito cuenta con cuatro bombillos en paralelo, la potencia total es de 36 W. Considerando un voltaje de alimentación de 120 V, se calcula la corriente total del circuito utilizando la Ley de Ohm: $I = \frac{P}{V}$ lo que resulta en un consumo de 0.3 A. Como el cable THHN calibre 14 tiene una capacidad de hasta 15A, su uso en esta instalación garantiza un margen de seguridad adecuado y cumple con los estándares eléctricos recomendados.

Ilustración 13: Diagrama unifilar de conexión de iluminación



Fuente: Elaboración propia

5.3 REGISTROS PRE-EXPOSICIÓN

La etapa pre-exposición se llevó a cabo del 10 al 14 de febrero de 2025. Durante este periodo, todos los estudiantes dentro del estudio comenzaron a monitorear su sueño utilizando su reloj y registrando sus hábitos en un diario del sueño mediante un formulario en Google Forms. Diariamente, se les solicitaba a los estudiantes enviar captura de pantalla con los datos recopilados por el reloj y se les recordaba estar completando el formulario con información detallada sobre como habían estado durmiendo. Al finalizar la semana estos registros permitieron analizar los patrones de sueño de cada participante y recopilar información de manera de precisa.

Durante esta semana la mayoría de los participantes no tenían proyectos de clases que entregar ni exámenes, es decir, los datos son en referencia a como normalmente ellos duermen y los hábitos que tienen.

5.3.1 FASES DEL SUEÑO

Fisiológicamente, para alcanzar un sueño optimo, se recomienda un tiempo total de sueño (TST) de entre 7 a 8 horas. Dentro de este periodo, la fase NREM representa aproximadamente el 75% del sueño total, mientras que el 25% restante corresponde a la fase REM, la cual ocurre entre los 60 y 120 minutos después de haberse quedado dormido (Fabres & Moya, 2021).

Dentro del sueño NREM, la etapa N1, que marca la transición entre la vigilia y el sueño ligero, constituye alrededor del 5% del TST. La fase N2, considerada sueño ligero, representa entre el 45 - 50% del TST. Finalmente la fase N3, también conocida como esa etapa de sueño profundo en la que se logra una recuperación física y cognitiva, ocupa entre el 15 - 20% del TST (Fabres & Moya, 2021).

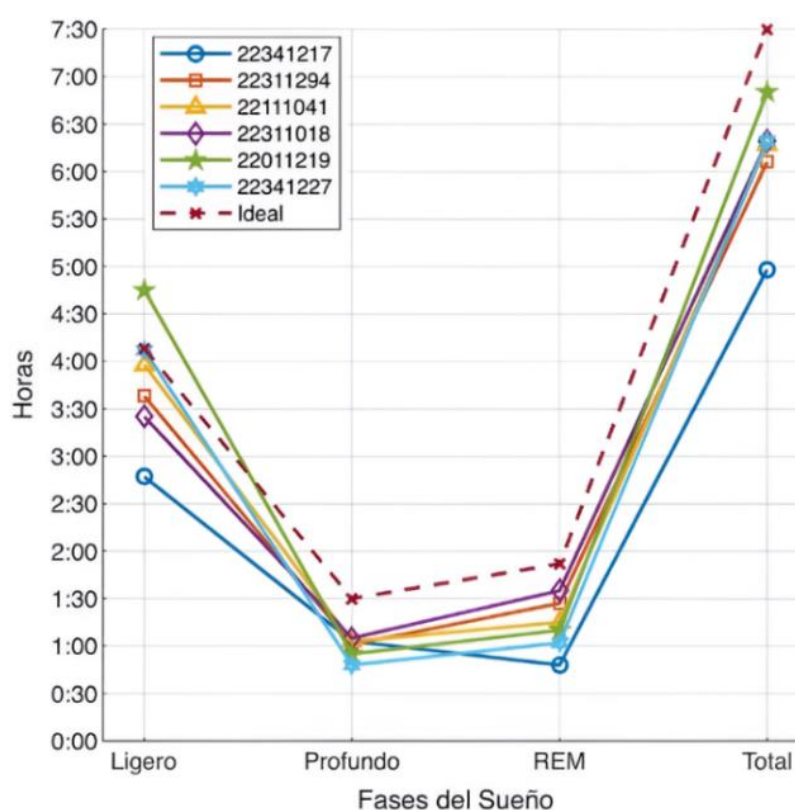
Debe tomarse en cuenta que, dado que los relojes inteligentes utilizados en el estudio agrupan la fase N1 y N2 bajo la categoría de sueño ligero, se estableció que este tiene que encontrarse dentro del rango del 50 – 55% del TTS.

Tomando en cuenta lo dicho en la literatura, se calculó el tiempo promedio ideal que un adulto debería pasar en cada fase del sueño para garantizar un correcto descanso. Con un TTS recomendado de 7:30 horas, la fase de sueño ligero, que representa el 55%, debería durar 4 horas y 8 minutos. La fase de sueño profundo, correspondiente al 20% del TTS, posee una duración ideal de 1 hora y 30 minutos, mientras que la fase REM, que abarca los restantes 25%,

debería de extenderse a un tiempo de 1 hora y 52 minutos para obtener así una distribución equilibrada de las fases del sueño y obtener un descanso reparador.

En la Ilustración 14 se muestra la distribución del tiempo promedio que cada estudiante del grupo control paso en las diferentes fases del sueño, así como su TTS. Estos datos se obtuvieron a partir de las mediciones registradas por el reloj durante los 5 días de evaluación previos a la exposición de la iluminación. Además, en la ilustración se incluye una línea de referencia que representa los valores ideales para cada fase, permitiendo visualizar que tan cerca o lejos estuvieron los estudiantes de tener un sueño adecuado.

Ilustración 14: Duración promedio de las fases de sueño pre-exposición en grupo control



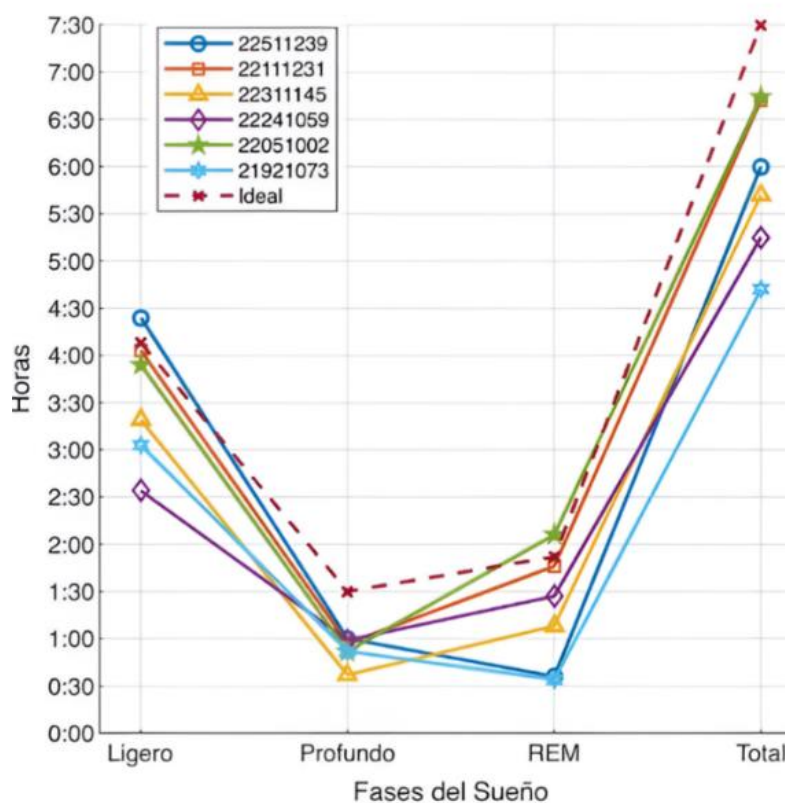
Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, durante esta etapa pre-exposición, todos los estudiantes estuvieron por debajo de lo ideal a pesar de que al momento de realizar los cuestionarios y encuestas hayan obtenido un resultado por debajo del umbral y hayan dicho tener una calidad de sueño adecuada. Únicamente se observó 1 valor similar al ideal y 1 por encima de este en la fase del sueño ligero en los estudiantes con ID 22011219 y 22341227. A pesar de esto, los promedios obtenidos en este grupo siguieron una tendencia similar en la duración de las fases

del sueño, especialmente en el sueño profundo y REM, donde la mayoría de los estudiantes lograron tiempo de sueño profundo dentro de un margen de 30 minutos con respecto al valor ideal, mientras que en la fase REM, la diferencia promedio fue alrededor de 40 minutos.

Los mismo fue hecho con el grupo con síntomas de insomnio. En la Ilustración 15, se muestra el tiempo promedio en el cual cada paso en las distintas fases y su TTS. En esta grafica se puede observar como 1 estudiantes sobrepaso lo valores ideales de sueño ligero y otros 2 se acercaron. A pesar de que el estudiante con ID 22511239 obtuvo un promedio superior al ideal en la fase de sueño ligero, esto no indica una buena calidad de sueño ya que presentó déficits significativos en el sueño profundo, REM y en su TTS, lo que indica un descanso insuficiente. Por otro lado, la estudiante con ID 22051002, diagnosticada con niveles de cortisol altos, estuvo muy cerca de los valores ideales, sin embargo, este resultado se debe a que durante los 5 días de medición estuvo tomando un suplemento en base a magnesio para conciliar el sueño, lo que indica que su patrón de sueño fue influenciado por esta intervención

Ilustración 15: Duración promedio de las fases de sueño pre-exposición en grupo con síntomas de insomnio



Fuente: Elaboración propia

En general, se observó una mayor dispersión de datos en cada una de las fases del sueño en comparación con el grupo control. Esta variabilidad es especialmente notable en las fases de sueño ligero y REM, donde no se identificó un patrón consistente entre los sujetos. Un aspecto común entre los participantes fue que ninguno alcanzó ni superó los valores ideales de sueño profundo, fase fundamental para la recuperación física. Además, ningún sujeto registro un TTS superior a 7:30.

Tras determinar el promedio en general de los 5 días se procedió a analizar qué días de la semana se encontraban dentro de los rangos recomendados en la literatura. Para esto, se tuvo que obtener el porcentaje de cada fase, que va representa el tiempo pasado en cada fase del sueño con relación al tiempo total de sueño. Para calcular este porcentaje se siguió los siguientes pasos: Primero, se convirtió el tiempo registrado en horas y minutos del reloj únicamente a minutos. Posteriormente, se tomó el tiempo correspondiente a cada fase del sueño y se dividió entre el TTS en minutos. Finalmente, este se multiplicó por 100 para expresar el resultado en porcentaje, permitiendo así una interpretación más clara de la distribución del sueño en sus diferentes etapas. Para dar un ejemplo, el estudiante con ID 22241059 que registro 2 horas y 41 minutos en sueño ligero y 5 horas y 2 minutos de TST, se realizó el proceso de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
 2h \times \frac{60 \text{ min}}{1 h} &= 120 \text{ min} + 41 \text{ min} = 161 \text{ min} \\
 5h \times \frac{60 \text{ min}}{1 h} &= 300 \text{ min} + 2 \text{ min} = 302 \text{ min} \\
 \frac{161 \text{ min}}{302 \text{ min}} \times 100 &= 53.31\%
 \end{aligned}$$

Ecuación 5: Cálculo del porcentaje de tiempo transcurrido en cada fase del sueño

Fuente: Elaboración propia

Este procedimiento se llevó a cabo para cada fase del sueño registrada en todos los estudiantes a lo largo de las tres etapas del estudio. En la Tabla 13 se presentan un ejemplo de los porcentajes de tiempo transcurridos en cada fase del sueño durante los 5 días de la etapa pre-exposición para la estudiante con ID 22241059, así como también, si estos porcentajes cumplen según lo establecido por la literatura.

Tabla 13: Porcentaje de tiempo transcurrido en cada fase

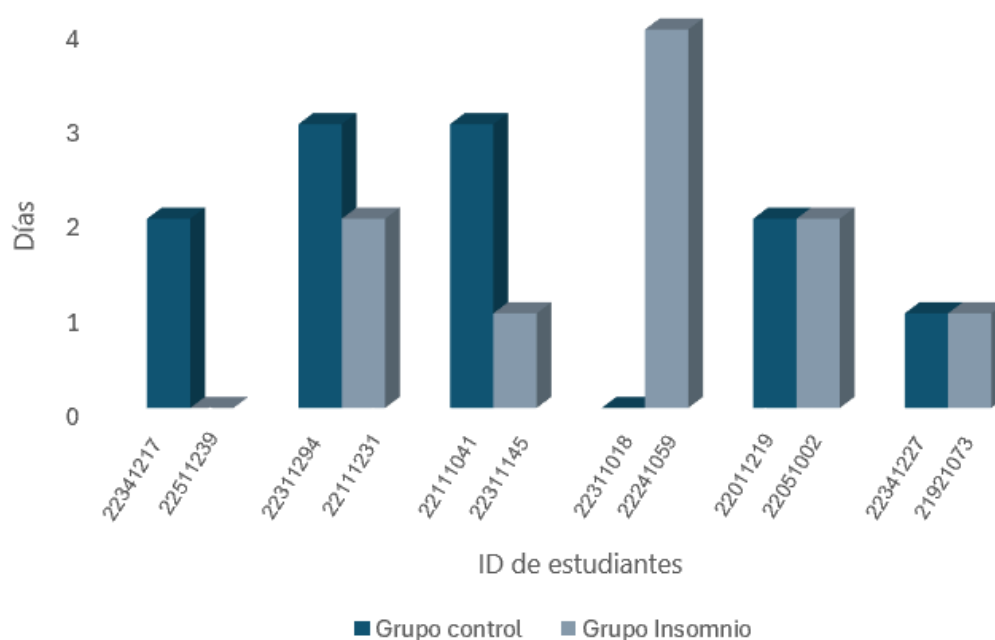
FASES DEL SUEÑO								
ID DE ESTUDIANTE	DIA	LIGERO (%)	RANGO IDEAL (LIGERO)	PROFUNDO (%)	RANGO IDEAL (PROFUNDO)	REM (%)	RANGO IDEAL (REM)	CUMPLE (Si o No)
22241059	1	53,31	50-55%	24,84	15-20%	21,85	25%	Si
	2	53,88		16,70		29,38		Si
	3	52,91		14,60		32,47		No
	4	49,10		24,92		25,95		Si
	5	55,78		19,05		25,17		Si

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos se evidenciaron variaciones en la calidad de sueño entre los participantes a lo largo de los cinco días. Se observó que el 8.33% (n=1) de los estudiantes logró mantenerse dentro de los rangos óptimos de sueño durante cuatro de los cinco días evaluados. Un 16.67% (n=2) cumplieron con los valores recomendados en tres días, mientras que un 33.33% (n=4) registró valores adecuados en dos días. Por otro lado, un 25% (n=3) registro estar dentro de los parámetros establecidos en solo un día y finalmente, un 16.67% (n=2) no alcanzó en ninguno momento de los 5 días los valores considerados óptimos según la literatura.

Analizando la diferencia entre cada grupo se observó que el grupo control presentó un promedio de 1.83 días estando dentro de los rangos adecuados de fases de sueño, mientras que el grupo con síntomas de insomnio tuvo un promedio de 1.67 días. La diferencia entre ambos grupos es mínima, por lo tanto, no se vio una mejor calidad de sueño en ninguno. De igual forma se procedió a obtener la desviación estándar para entender si los valores de cada grupo son consistentes o hubo variaciones significativas. Los resultados muestran que el grupo control obtuvo un valor de 1.17, mientras que el de síntomas con insomnio presentó una desviación de 1.37. Esto indica que en los datos obtenidos del grupo con síntomas de insomnio se vio mayores diferencias en los patrones de descanso entre los integrantes que forman parte de este grupo.

Ilustración 16: Días pre-exposición dentro del rango adecuado según literatura



Fuente: Elaboración propia

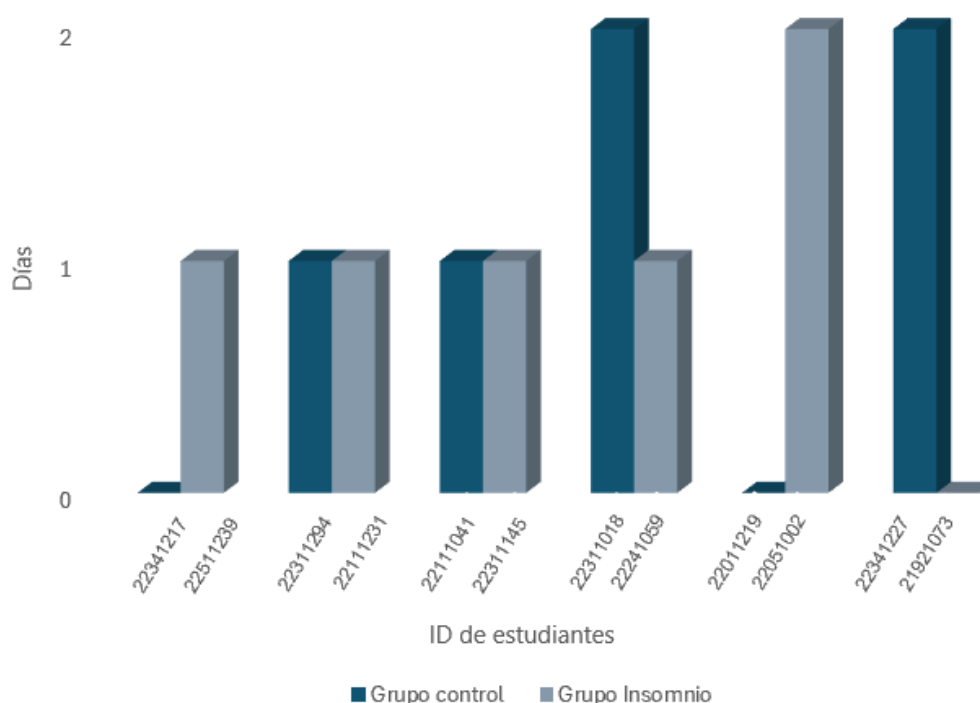
Respecto al tiempo total de sueño, se observó que solo 3 estudiantes lograron dormir más de 7 horas en al menos 2 de los 5 días evaluados, lo que representa el 25% de la muestra. Por otro lado, el 50% de los participantes registraron al menos un día con una duración de sueño superior a 7 horas, mientras que el 35% restante no alcanzó en ningún día el umbral recomendado por la literatura (7 a 8 horas).

Al calcular el promedio individual de horas dormidas a lo largo de los 5 días de estudio, ninguno de los participantes alcanzó un promedio de 7 horas de sueño, lo que indica una tendencia generalizada hacia un descanso insuficiente dentro de la muestra analizada. Comparando el TST del grupo de control con el grupo con síntomas de insomnio se observó que el grupo de control obtuvo un promedio de 6 horas y 8 minutos de TST, mientras que el grupo con síntomas de insomnio un promedio de 5 horas y 50 minutos. A pesar de que ni uno de los grupos alcanzo las horas adecuadas, se observó una reducción de horas significativa en el grupo con síntomas de insomnio. Esta diferencia, aunque parezca pequeña, pueden irse acumulando semana tras semana y tener efectos negativos a largo plazo.

Realizando un promedio de los días en los que ambos grupos lograron una duración de sueño superior a 7 horas durante los 5 días evaluados, se observó que ambos grupos alcanzaron un promedio de 1 día. Ninguno de los grupos logro mantener una duración de

sueño adecuada de manera consistente a lo largo de la semana. En caso del grupo control, se observó que dos estudiantes alcanzaron hasta 2 días con una cantidad adecuadas de horas dormidas, sin embargo, esta cifra sigue siendo relativamente baja en comparación con las recomendaciones de sueño óptimo.

Ilustración 17: Días pre-exposición con duración de sueño superior a 7 horas



Fuente: Elaboración propia

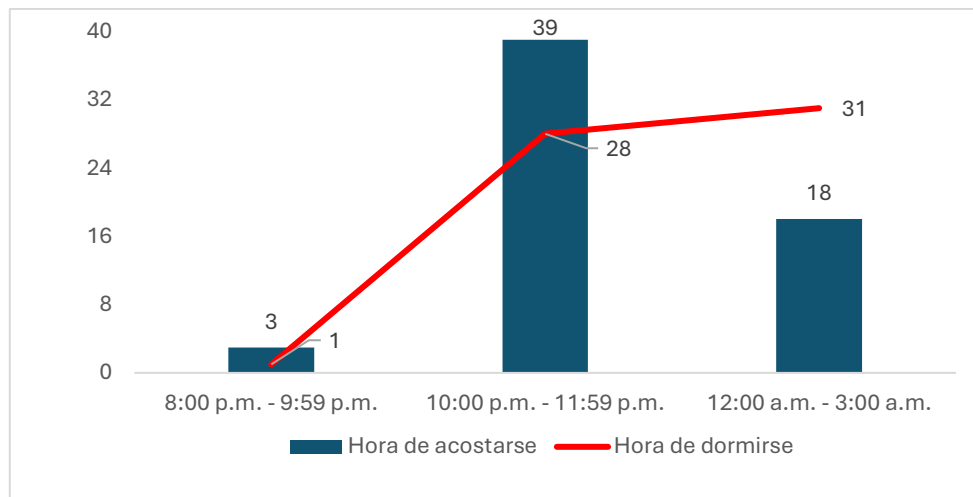
5.3.2 DIARIO DEL SUEÑO

A continuación, se presentan los datos recolectados a través de la encuesta presentada a los sujetos con el propósito de compilar información importante acerca de sus hábitos de sueño durante la semana previa a la de exposición.

La Ilustración presenta la relación entre la hora de acostarse y la hora en la que los participantes se duermen realmente. La gran mayoría de los estudiantes se acuestan entre las 10:00 PM – 11:59 PM ($n = 39$), lo que representa el 72.2% del total. Sin embargo, estos indicaron no dormirse inmediatamente después de acostarse, sino hasta pasada la medianoche, en un rango de entre las 12:00 AM – 3:00 AM ($n = 31$), equivalente al 57.4%. Así mismo, se puede apreciar en la gráfica que es a la minoría de las personas que se les hace posible dormir temprano, ya que solo una persona se duerme entre las 8:00 PM – 9:59 PM (n

= 1), lo que representa apenas el 1.9%, aunque tres personas ya se han acostado para esa hora ($n = 3$), correspondiente al 5.6%.

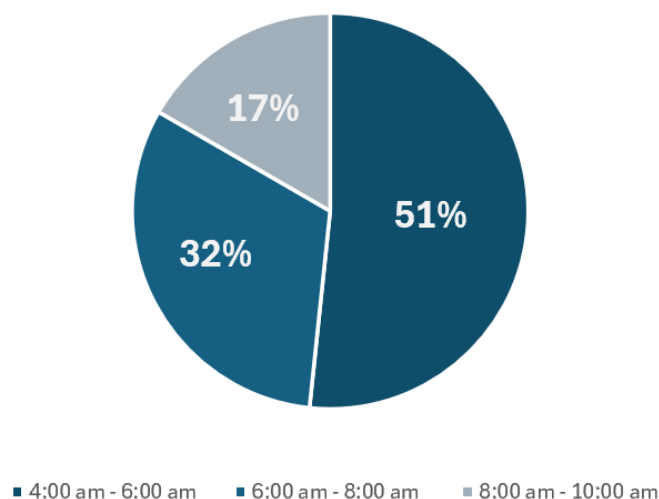
Ilustración 18: Hora de Acostarse vs Hora de Dormirse



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración muestra que la mayoría de los participantes despierta temprano por la mañana, con un 51% ($n=31$) entre las 4:00 AM y 6:00 AM mientras que el 32% ($n=19$) lo hace entre las 6:00 AM y 8:00 AM, y solo el 17% ($n=10$) después de las 8:00 AM. Estos datos, en conjunto con la hora de acostarse, sugieren que una gran parte de los sujetos tiene un tiempo de sueño reducido y horarios irregulares, lo que podría impactar negativamente la calidad del descanso y el rendimiento diario.

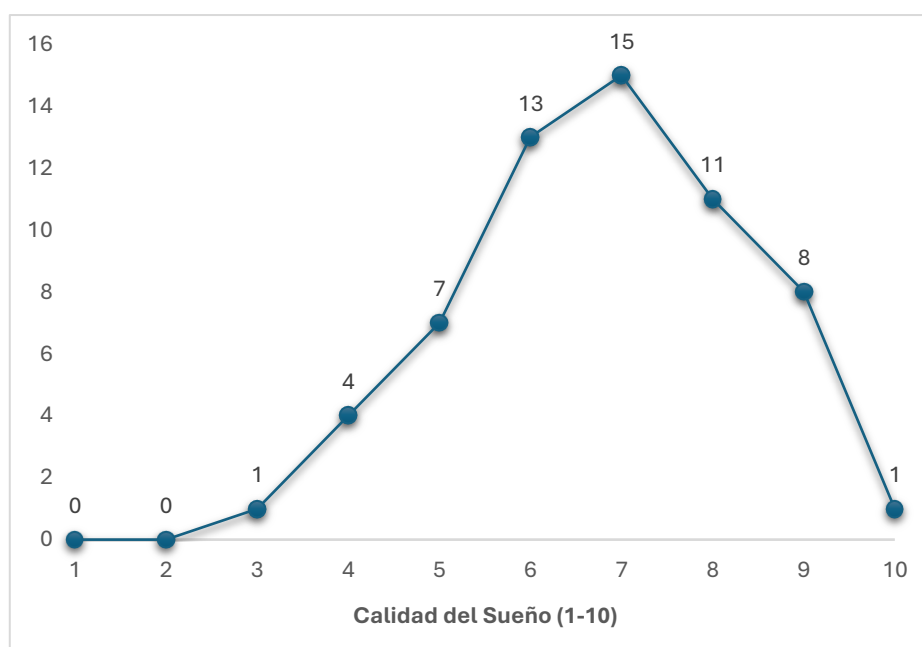
Ilustración 19: Horarios en que se levantaron los sujetos durante los 5 días de exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 20 muestra como la mayoría de los participantes indicó tener una calidad del sueño aceptable, el 25% ($n = 15$) reportó un puntaje de 7 sobre 10. El 21.6% ($n = 13$) calificó su sueño con 6 puntos, mientras que el 18.3% ($n = 11$) lo evaluó con 8 puntos. Un 13.3% ($n = 8$) indicó una calidad de sueño de 9 puntos, seguido por un 11.6% ($n = 7$) que señaló 5 puntos como su calificación. El 6.6% ($n = 4$) otorgó una puntuación de 4. Finalmente, el 1.6% ($n = 1$) reportó una calidad de sueño de 3 puntos y otro 1.6% ($n = 1$) la evaluó con 10 puntos.

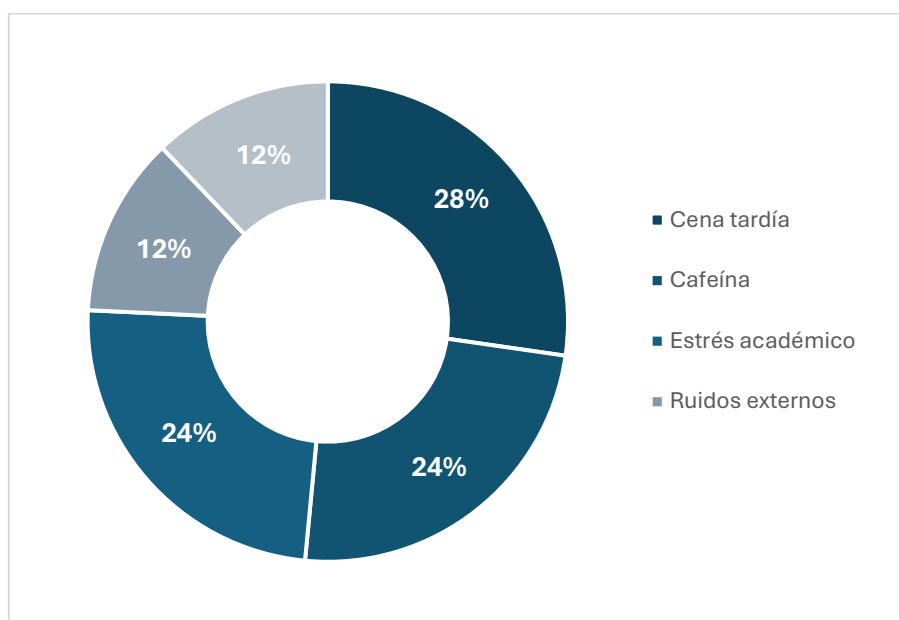
Ilustración 20: Puntaje de Calidad del Sueño



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 21 muestra los factores que, según los jóvenes estudiantes, afectaron su descanso. El 28% ($n = 18$) reportó que una cena tardía o pesada influyó en su sueño. El 24% ($n = 16$) señaló el consumo de cafeína como un factor, mientras que otro 24% ($n = 16$) indicó el estrés académico. Asimismo, el 12% ($n = 8$) mencionó los ruidos externos, y otro 12% ($n = 8$) el consumo de azúcar. Estos cinco elementos fueron los más mencionados por los participantes, distribuyéndose de forma clara entre aspectos alimenticios, ambientales y relacionados con la carga académica.

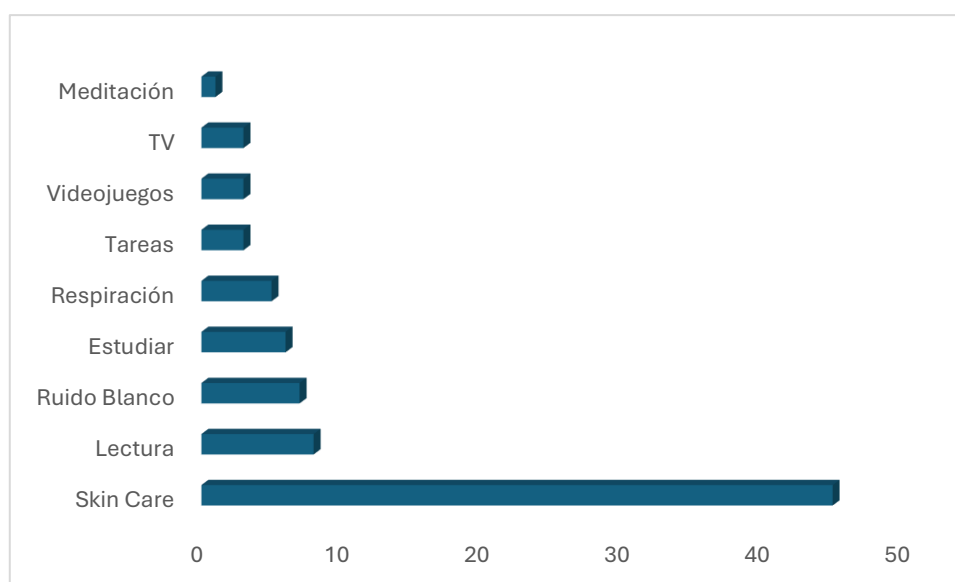
Ilustración 21: Posibles Factores que Afectaron el Sueño



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 22 muestra las actividades realizadas por los participantes antes de dormir. El 55.5% (n = 45) indicó practicar una rutina de cuidado personal (Skin Care) antes de acostarse. Le siguen la lectura con un 9.8% (n = 8), el uso de ruido blanco con un 8.6% (n = 7), y el estudio con un 7.4% (n = 6). La respiración fue mencionada por el 6.1% (n = 5), mientras que tareas, videojuegos y ver televisión fueron señalados cada uno por el 3.7% (n = 3). Finalmente, la meditación fue reportada por el 1.2% (n = 1) de los encuestados.

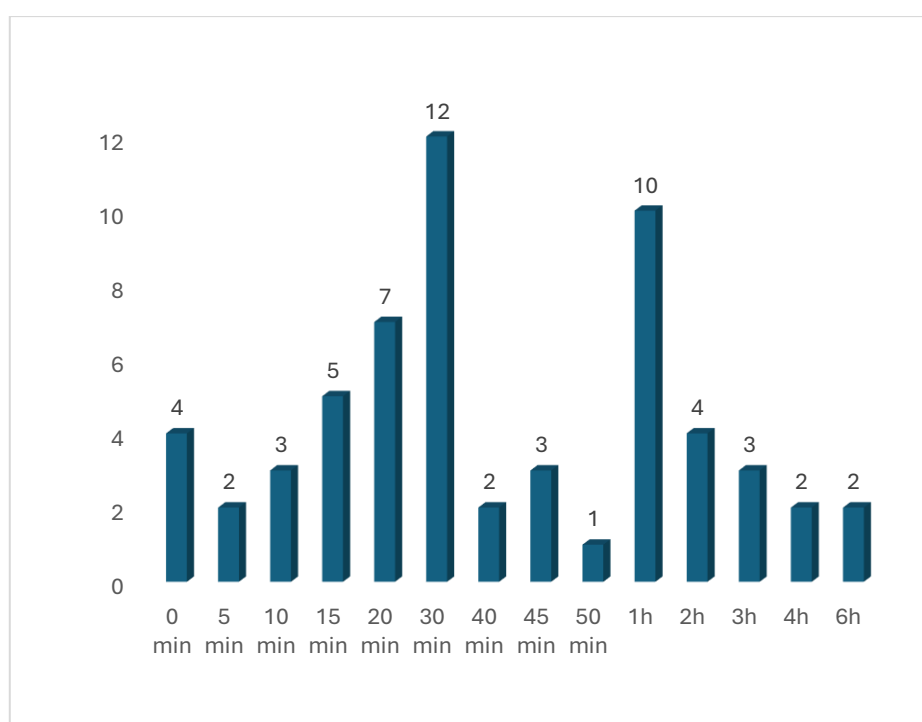
Ilustración 22: Hábitos Antes de ir a Dormir



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 23 muestra el tiempo de exposición a pantallas antes de dormir reportado por los participantes. El 19.3% ($n = 12$) indicó usar pantallas durante 30 minutos antes de acostarse, seguido por el 16.1% ($n = 10$) que reportó una hora de exposición. El 11.3% ($n = 7$) señaló un uso de 20 minutos, el 8.1% ($n = 5$) mencionó 15 minutos y el 6.4% ($n = 4$) indicó 0 minutos o 2 horas, respectivamente. Otros tiempos reportados fueron 5 minutos ($n = 3$, 4.8%), 45 minutos ($n = 3$, 4.8%) y 3 horas ($n = 3$, 4.8%). El 3.2% ($n = 2$) mencionó un uso de 40 minutos, 4 horas o 6 horas, respectivamente. Finalmente, el 1.6% ($n = 1$) indicó una exposición de 50 minutos antes de dormir.

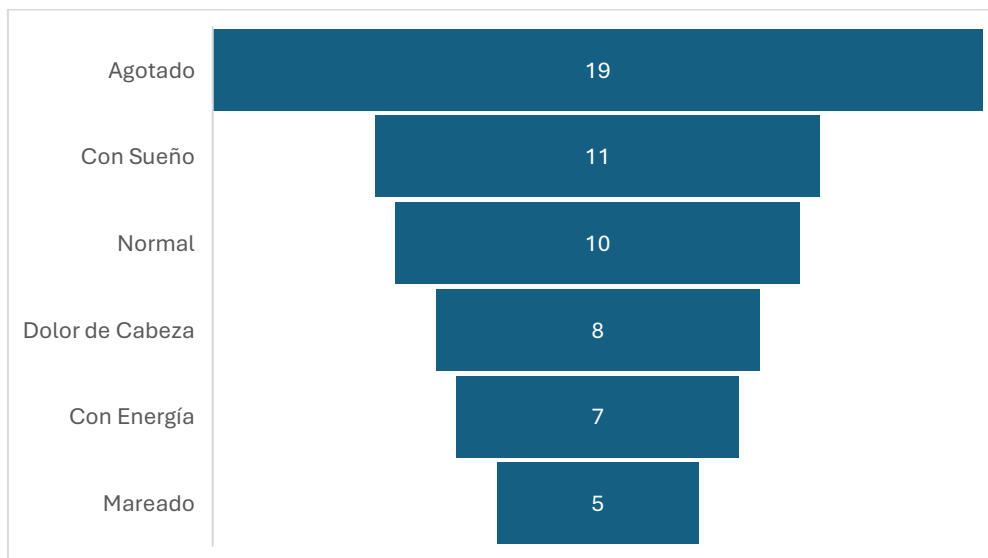
Ilustración 23: Tiempo de Exposición a Pantallas



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 24 muestra cómo se sintieron los participantes al despertar. El 31.6% ($n = 19$) reportó sentirse agotado, mientras que el 18.3% ($n = 11$) indicó tener sueño al despertar. Un 16.6% ($n = 10$) describió su estado como normal, y el 11.6% ($n = 7$) señaló sentirse con energía. Mientras que el 13.3% ($n = 8$) manifestó haber experimentado dolor de cabeza, y un 8.3% ($n = 5$) reportó haberse sentido mareado. La mayoría de las respuestas se concentraron en sensaciones de cansancio o malestar físico, mientras que una menor proporción indicó haber despertado con energía y con un descanso óptimo.

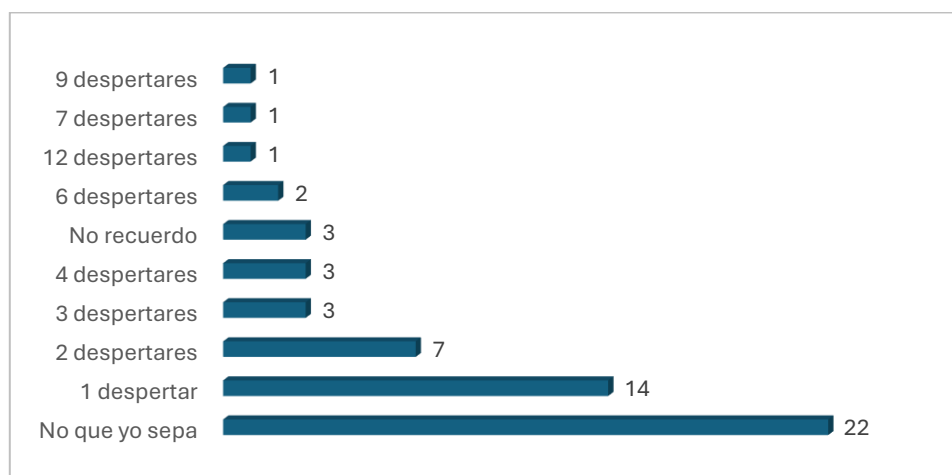
Ilustración 24: Sensación al despertar la mañana siguiente



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 25 muestra la frecuencia de despertares nocturnos entre los participantes, indicando que la mayoría ($n=22$) no tiene conocimiento de haber despertado durante la noche. Sin embargo, un número significativo de sujetos ($n=14$) reportó al menos un despertar, mientras que un 22% adicional ($n=7$) experimentó dos interrupciones en su descanso. A partir de tres despertares, la frecuencia disminuye progresivamente, aunque se registraron casos aislados con hasta nueve o incluso doce interrupciones, lo que podría sugerir alteraciones en la continuidad del sueño. Además, tres participantes indicaron no recordar su frecuencia de despertares, lo que resalta la dificultad de algunos individuos para percibir la fragmentación del sueño.

Ilustración 25: Frecuencia de despertares nocturnos



Fuente: Elaboración propia

Los datos compilados y analizados reflejan los patrones de sueño que existen dentro de la muestra, caracterizados por la calidad del sueño subjetiva, despertares nocturnos, factores externos que pueden influir en el sueño de los sujetos. A pesar de que la mayoría de los estudiantes no están muy conscientes de sus despertares nocturnos, gran parte de ellos experimenta interrupciones que pueden afectar su descanso. Así mismo, las actividades previas al sueño a pesar de no ser todas negativas, algunas pueden contribuir al estrés y a alterar los patrones del sueño. El uso de pantallas, junto con factores como la alimentación y el consumo de estimulantes como la cafeína, podrían estar contribuyendo a la fatiga y malestar al despertar.

5.4 REGISTROS DURANTE LA EXPOSICIÓN

Como se mencionó anteriormente, se dividió a los estudiantes en dos grupos. El primer grupo fue expuesto a la iluminación durante la semana del 24 al 28 de febrero, mientras que el segundo grupo fue expuesto en la semana del 3 al 7 de marzo. Durante su respectiva semana de exposición, cada participante asistió a un encuentro presencial en el laboratorio de biomédica en un horario establecido previamente. Se inició el estudio presentando al estudiante una carta de consentimiento, en la que se detallaba nuevamente el propósito del estudio, los procedimientos a seguir, la importancia de su compromiso para asistir a los horarios de manera puntual y cumplir con las indicaciones que se les fuera proporcionando a lo largo de las 3 semanas. Los 12 participantes firmaron el consentimiento y otorgaron su autorización para formar parte de la exposición a la iluminación circadiana. Tras la firma del consentimiento se procedió a medir la frecuencia cardíaca del estudiante utilizando un oxímetro de pulso. Estas mediciones fueron tomadas 3 veces antes de la exposición a la luz y otras 3 veces después de la exposición, con el fin de sacar un promedio y evitar así cualquier variabilidad en los resultados y que sea más precisa.

La intención de medir la frecuencia cardíaca fue para observar si durante la exposición de la iluminación circadiana los participantes experimentaban una sensación de mayor relajación y tranquilidad. Dado que estaban siendo utilizados como parte de un estudio, en un recinto cerrado con una camilla donde permanecían durante media hora, acostados en un lugar que no era su cama, entre otros factores, pudo hacer que llegaran a sentir cierta incomodidad y provocara un aumento en su frecuencia cardíaca.

Se observó que el primer día fue cuando la mayor cantidad de participantes experimentó un aumento en su frecuencia cardíaca después de la exposición a la iluminación. Esto se consideró normal ya que era la primera sesión en la que se realizaban las pruebas. El nerviosismo que pudieron llegar a sentir ya que era la primera vez y que no estaban acostumbrado al entorno donde estaban expuestos pudo haber contribuido al incremento de la frecuencia. En el segundo día solamente 1 participante de los 12 registró una frecuencia más alta después de la exposición. A partir del tercer día hasta el quinto, el 100% de los participantes presentaron una frecuencia cardíaca más baja que la registrada antes de la exposición. Esto indicó que se logró crear un ambiente en el cual los participantes pudieron sentirse relajados, provocando una disminución en su frecuencia e incluso llegar al punto de dormirse en varias ocasiones.

Ilustración 26: Medición de frecuencia cardíaca con oxímetro



Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Frecuencia promedio pre y post exposición

FRECUENCIA CARDIACA PROMEDIO										
ID DE ESTUDIANTES	DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5	
	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
22341217	98.67	101	106.67	98	113.33	93	101	90.33	113	97.33
22311294	113.67	115.33	104	91	115.67	107	109.33	104.67	95.67	80.67
22511239	88	91.33	81.33	77.33	96.33	86.67	96.33	85	101.67	97.67
22051002	111	105.33	89	92	116.67	100	117.33	85.33	110.33	83
22111231	101.67	83	110	84	99	81	105	81	88.67	82.33
22111041	76	69.33	107.7	87	96.3	87.33	83	71.67	93.7	78
22311145	111	108.67	101.33	83.67	101.33	79.67	101	96	91.67	90
21921073	54.33	51.67	51	51	55.33	57.33	59	54	55.67	53
22241059	77.67	86.33	100.33	90.67	100.33	93.33	93.33	78.33	93.3	81.67
22311018	80	73.67	84	76	83	81.67	81	79.67	72.33	68
22011219	95	92.33	83.33	82.33	77.67	76.67	85.33	81.67	93	84
22341227	74.33	69.67	82.33	71.33	70	66.33	67.33	63.67	77.67	69

Fuente: Elaboración propia

5.4.1 EXPOSICIÓN A LA ILUMINACIÓN CIRCADIANA

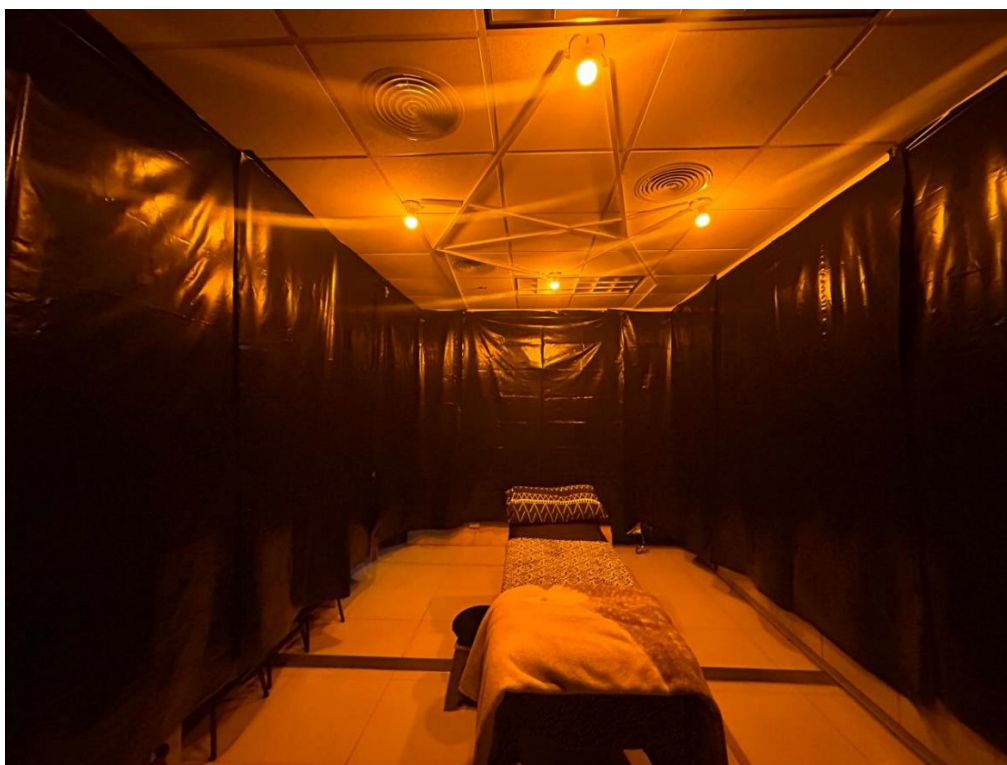
Tras completar las mediciones de la frecuencia cardíaca, cada participante ingresó individualmente al recinto donde fueron expuestos a la luz. Antes de entrar, se les solicitó dejar afuera cualquier dispositivo electrónico u objeto que pudiera generar cualquier tipo de distracción. La sesión tuvo una duración de 30 minutos, durante los cuales la intensidad de la iluminación iba disminuyendo progresivamente desde el 100% hasta el 0%. Es importante resaltar que, durante el desarrollo de la terapia, se mantuvo un ambiente de absoluto silencio con el propósito de no interferir en el proceso de relajación de los participantes. Asimismo, se instruyó a los participantes para que, una vez que las luces se apagaran, abandonaran el recinto de manera inmediata, ya que, si permanecían por más tiempo del estipulado se asumía que se habían quedado dormidos.

Durante el primer día de la primera semana de exposición solamente una persona indicó haberse quedado dormido. A partir del segundo día hasta el quinto de la misma semana se durmieron un total de tres personas diarias. Luego de cada exposición de cada participante, se hicieron las mismas tres mediciones de frecuencia cardíaca para obtener un promedio de pulsaciones por minuto después de la terapia.

Para la segunda semana de exposición se siguió con la misma dinámica, realizando primero las mediciones de latidos por minuto para obtener el promedio antes de la terapia. Para el segundo grupo de participantes, la frecuencia con la que se quedaban dormidos durante la terapia fue más aleatoria, pues no se siguió un patrón como en la primera semana, sino la frecuencia con la que los sujetos se quedaban dormidos fluctuaba entre dos y tres participantes por día. Igualmente, cada sesión individual concluía con las mediciones de frecuencia cardíaca para concluir con el promedio de latidos tras la exposición. Paralelamente a la terapia se les solicitó a todos los estudiantes dormir a diario con el smartwatch para monitorear su sueño durante las noches, mientras que al día siguiente cumplían con documentar en la encuesta de su diario del sueño durante la semana de la terapia.

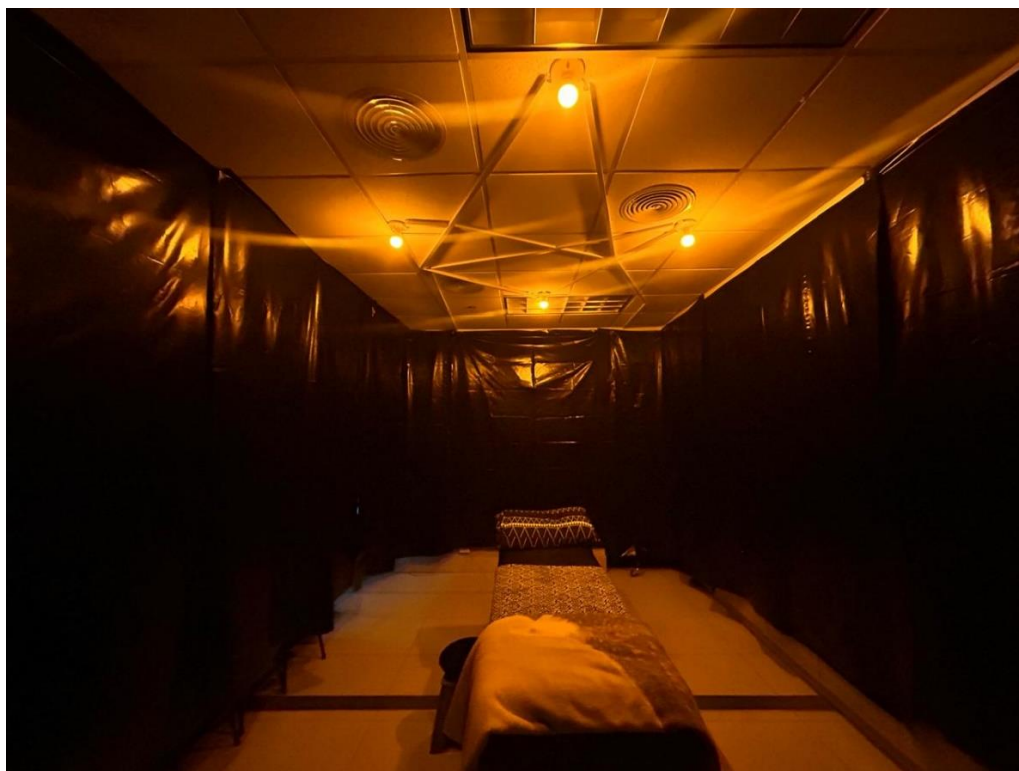
A continuación, se presenta una serie de imágenes que ilustran la experiencia visual de los participantes al ingresar al recinto donde fueron expuestos a la iluminación circadiana. En las imágenes se observa como la intensidad de la iluminación va disminuyendo progresivamente hasta llegar a la completa oscuridad.

Ilustración 27: Intensidad de iluminación al 100%



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28: Intensidad de iluminación al 50%



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 29: Intensidad de iluminación al 25%



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 30: Intensidad de iluminación al 10%



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 31: Intensidad de iluminación al 1%



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 32: Intensidad de iluminación al 0.1%

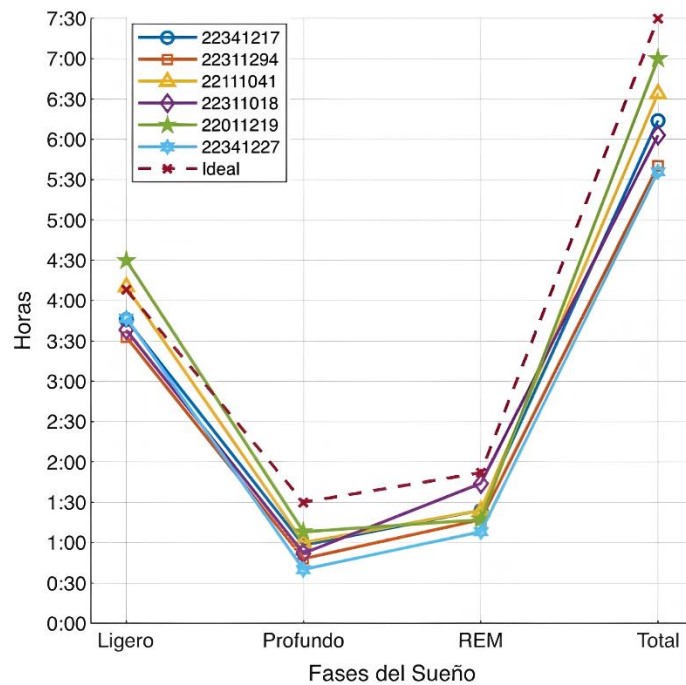


Fuente: Elaboración propia

5.4.2 FASES DEL SUEÑO

De la misma manera que se sacó el promedio del tiempo transcurrido en cada una de las fases y TTS en la etapa pre-exposición se realizó el mismo proceso en esta etapa. En la Ilustración 33, se observa la duración promedio obtenida por los estudiantes del grupo control.

Ilustración 33: Duración promedio de las fases de sueño durante exposición en grupo control



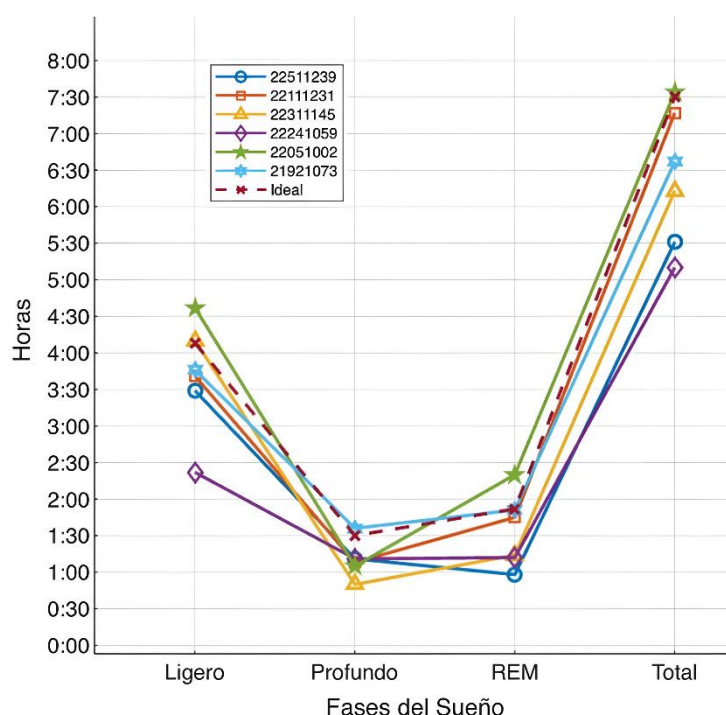
Fuente: Elaboración propia

Después de la exposición a la iluminación circadiana, se evidenció una mejora significativa en la estabilidad y uniformidad de los patrones de sueño de los participantes. Si bien ninguno logró un promedio superior al ideal en todas las fases del sueño, se observó una mayor regularidad en la duración de cada etapa, especialmente en las fases de sueño ligero, profundo y REM. El patrón de sueño que siguieron esta semana fue más consistente y se observó menos dispersión de puntos en las fases de sueño.

Otro aspecto relevante fue la proximidad de los valores registrados con los rangos óptimos de sueño. La mayoría de los estudiantes estuvieron a solo unos minutos de alcanzar los tiempos ideales en cada fase, lo que implica que su descanso durante esta semana fue reparador y de buena calidad.

Respecto al grupo de estudiantes con síntomas de insomnio evaluados durante estas dos semanas, se identificaron varios aspectos relevantes a resaltar. En primer lugar, como se puede observar en la Ilustración 34, la estudiante con ID 22051002 mostro una duración superior al promedio en las fases de sueño ligero, REM y TTS, y estuvo muy cerca de alcanzar los niveles ideales en la fase de sueño profundo. Es importante destacar que esta estudiante fue la que indicó que le habían diagnosticado con niveles de cortisol alto, por lo que tenía que estar tomando medicamentos para dormir. Durante esta semana indicó no tener la necesidad de tomar medicamento durante 4 de los 5 días evaluados y aun así obtuvo resultados considerados ideales según la literatura.

Ilustración 34: Duración promedio de las fases de sueño durante exposición en grupo con síntomas de insomnio



Fuente: Elaboración propia

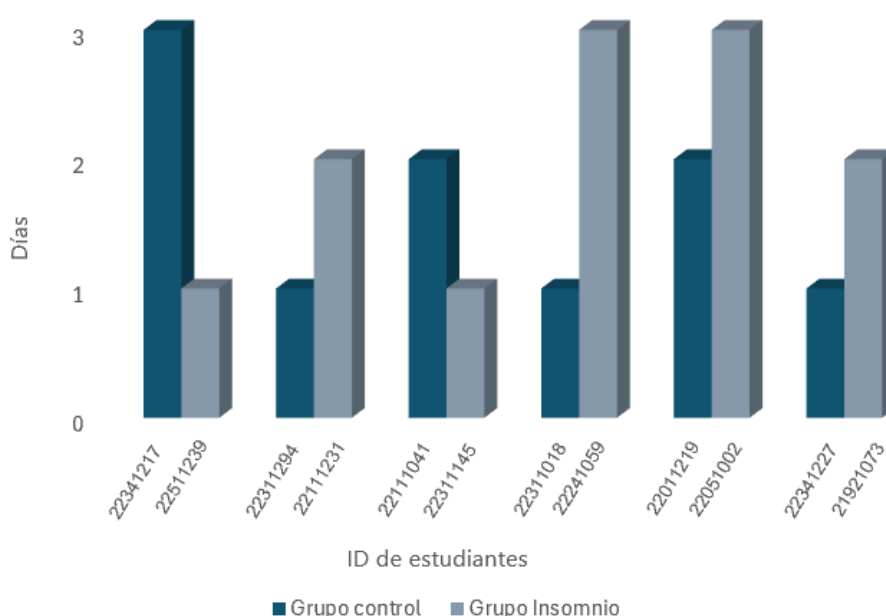
En cuanto al estudiante con ID 21921073, sus resultados también fueron muy positivos, alcanzando niveles cercanos a los ideales en las fases de sueño profundo y REM, lo que refleja una calidad de sueño optima. De manera similar, el estudiante con ID 22111231, aunque no superó completamente los rangos ideales como los dos estudiantes anteriores, obtuvo promedios adecuados en todas las fases de sueño a lo largo de la semana. Es relevante resaltar que estos 3 estudiantes han reportado previamente tener problemas para conciliar el sueño y que sus puntajes elevados en el PSQI y el ISI indicaron síntomas moderados de insomnio, sin

embargo, los resultados obtenidos en esta semana no son indicativos de una persona con mala calidad de sueño. Esto demuestra que la exposición a la iluminación circadiana si tuvo un impacto en la calidad del sueño y en la duración de las fases y TTS.

Por otro lado, los 3 estudiantes restantes presentaron resultados más bajos, estando por debajo de los valores ideales en todas las fases, sin embargo, esto no significa necesariamente que la terapia haya sido ineficaz en estos casos. Es importante considerar que existen diversos factores externos que podrían haber influido en los resultados obtenidos, los cuales no están relacionados directamente con la intervención. Factores como el estrés académico, problemas familiares, dificultades laborales pudieron haber afectado la calidad de su sueño durante el periodo de evaluación.

Comparando los resultados obtenidos día a día con los valores recomendados para cada fase del sueño, de manera similar a lo realizado en la semana pre-exposición, se obtuvieron los datos presentados en la Ilustración 35, En dicha ilustración se observa que el 25% (n=3) de los estudiantes lograron alcanzar en al menos 3 de los 5 días evaluados, una duración de las fases del sueño dentro de los rangos considerados ideales. Por otro lado, el 33.33% (n=4) de los participantes consiguieron mantenerse dentro de los valores recomendados en 2 de los 5 días. Finalmente, el 41.66% (n=5) restante logro al menos un día con valores dentro de los parámetros óptimos durante la semana de exposición a la iluminación circadiana.

Ilustración 35: Días durante exposición dentro del rango adecuado según literatura



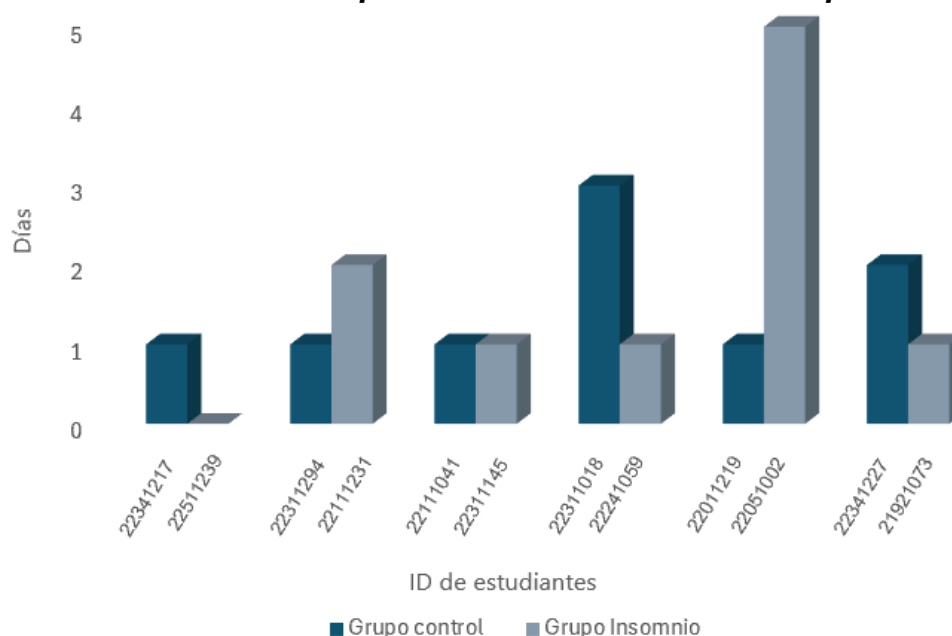
Fuente: Elaboración propia

En el análisis de los datos se encontró que los participantes dentro del grupo de control lograron en promedio, mantenerse dentro de los rangos adecuados de las fases del sueño durante 1.67 días a lo largo del periodo de evaluación, con una desviación estándar de 0.82. Por otro lado, el grupo con síntomas de insomnio alcanzo un promedio ligeramente superior de 2 días, con una desviación estándar de 0.89 días. Esto indica que la desviación entre cada uno de los individuos dentro de los dos grupos no fue significativa y ambos obtuvieron una consistencia considerable dentro de los valores obtenidos.

De igual forma se procedió a obtener cuantas veces durante los 5 días de exposición los estudiantes lograron tener un TTS superior a 7 horas. Los resultados indicaron que 1 estudiante consiguió superar las 7 horas de sueño en los 5 días evaluados, mientras que otro participante alcanzo esta duración en tres de los cinco días. Asimismo, 2 estudiantes lograron un TTS superior a 7 horas en dos ocasiones y 7 estudiantes al menos en una oportunidad lograron esta cantidad de horas. Finalmente, se identificó que una persona no logró alcanzar estas horas en ningún día durante esta etapa de exposición.

Calculando el promedio individual de las horas dormidas durante esta semana, se identificó que 1 participante logro obtener un promedio superior a las 7 horas, siendo esta de 7 horas y 34 minutos. 3 estudiantes más se quedaron cerca, obteniendo un promedio superior a las 6 horas y 30 minutos. Esto indica que el 33.33% de los 12 estudiantes lograron durante esta semana tener una duración de sueño dentro de los rangos recomendado. Curiosamente, en el grupo de insomnio se obtuvo un promedio de 6 horas y 24 minutos superior a las 6 horas y 11 minutos obtenidas en el grupo control. Esto pudo deberse a que algunos estudiantes del grupo con síntomas de insomnio sintieron una leve mejoría en su calidad de sueño, y se tomaron la terapia más en serio, lo que los llevo a adoptar hábitos más adecuados, como acostarse en el momento que sentían sueño, no prologando su vigilia haciendo otro tipo de actividades.

Ilustración 36: Días durante exposición con duración de sueño superior a 7 horas



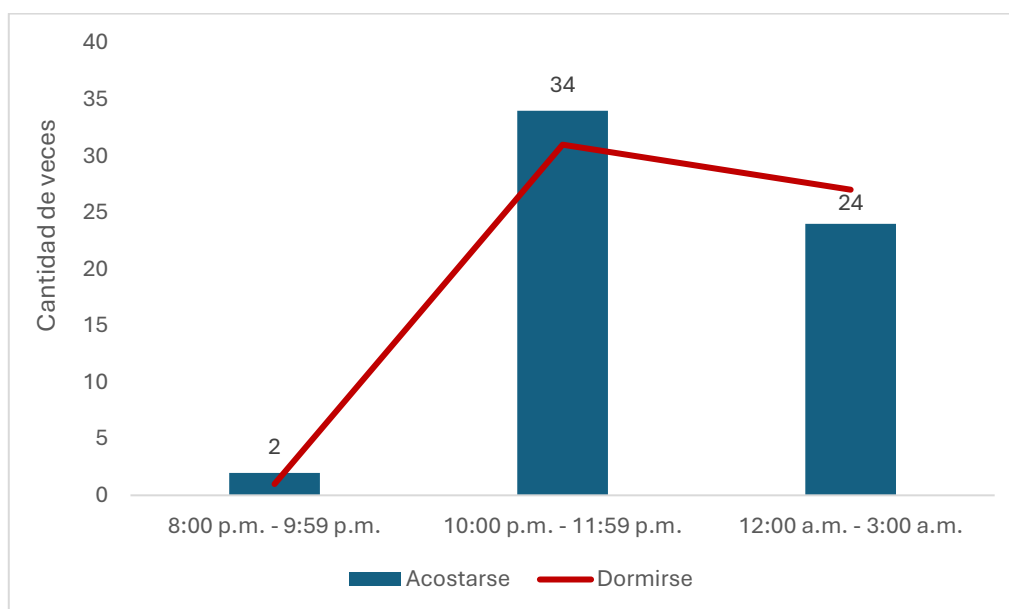
Fuente: Elaboración propia

5.4.3 DIARIO DEL SUEÑO

La siguiente sección compila los datos recolectados a lo largo de la segunda etapa del proyecto, la semana de exposición. Se recolectaron a través de una segunda encuesta en la cual se les solicitó a los estudiantes con el objetivo de monitorear sus hábitos de sueño y determinar si existió algún tipo de cambio durante la segunda etapa del estudio.

La Ilustración 37, muestra la relación entre la hora de acostarse y el momento en que los participantes finalmente logran dormirse. Se observa que solo dos personas indicaron dormirse temprano, entre las 8:00 p.m. y 9:59 p.m., mientras que la mayoría lo hace entre las 10:00 p.m. y 11:59 p.m. El resto de los participantes tiende a dormirse entre las 12:00 a.m. y 3:00 a.m., un horario tardío que puede resultar incompatible con un descanso adecuado para desarrollar actividades diarias de manera óptima.

Ilustración 37: Hora de Acostarse vs Dormirse en Semana de Exposición

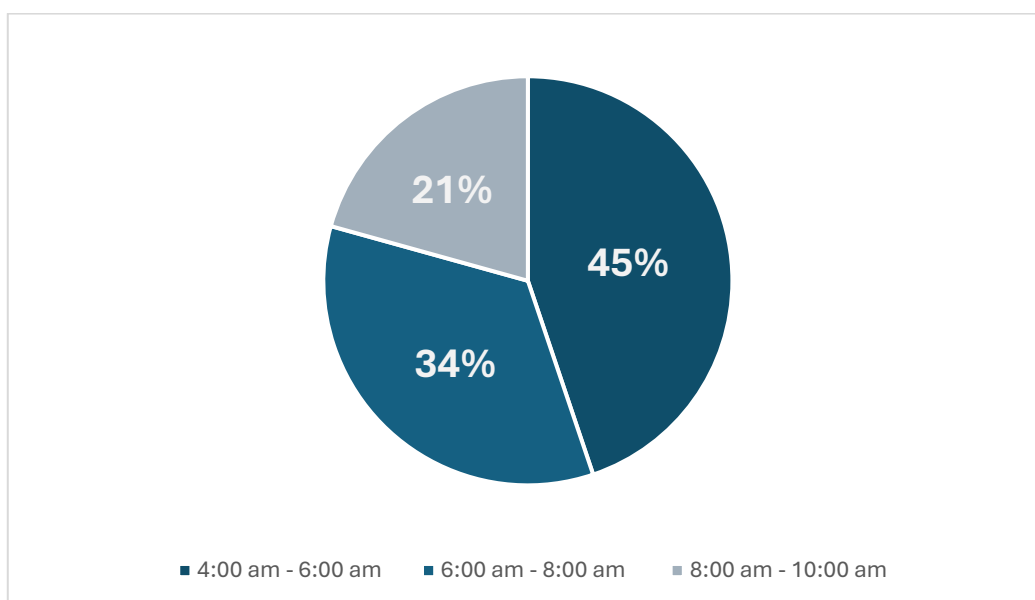


Fuente: Elaboración propia

La línea roja representa la hora en que los participantes logran dormirse, mostrando que, en general, esto ocurre poco después de acostarse. Sin embargo, en el rango de la madrugada, se observa un descenso que sugiere dificultades para conciliar el sueño en algunas personas, lo que podría afectar la calidad y duración del descanso.

La Ilustración 38 representa los rangos en los que los participantes despiertan mediante un gráfico de tipo pastel. Se observa que el 45% de los encuestados despierta en las primeras horas de la mañana, dentro del rango de 4:00 AM a 6:00 AM, siendo el grupo más numeroso. Un 34% indicó que su hora de despertar se encuentra entre las 6:00 AM y 8:00 AM, mientras que el 21% restante señaló despertarse entre las 8:00 AM y 10:00 AM, siendo la menor proporción registrada.

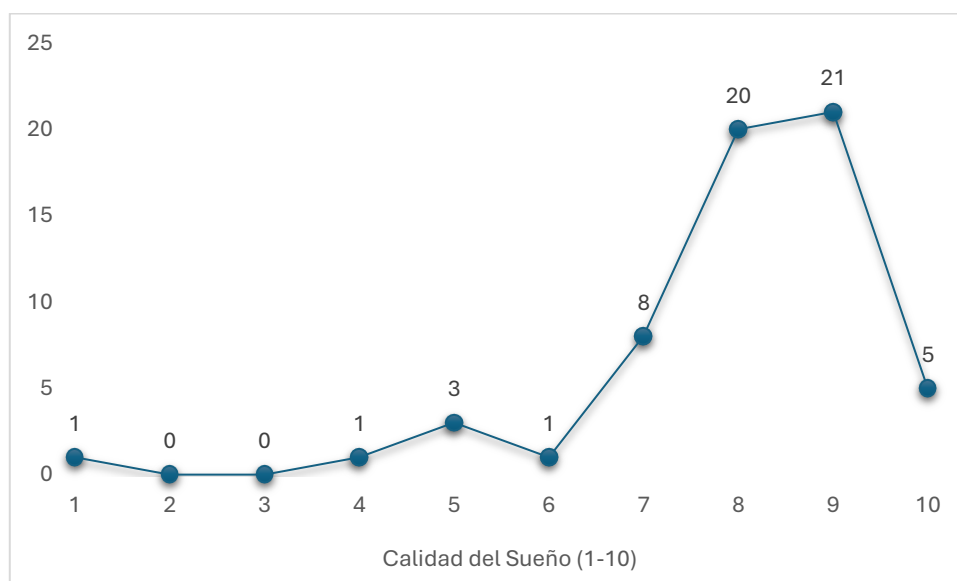
Ilustración 38: Horario en el que despertaron los sujetos en la semana de exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 39 muestra la distribución de la calidad del sueño percibida por los participantes en una escala del 1 al 10, donde 1 representa una calidad muy baja y 10 una calidad excelente. Se observa que las puntuaciones más frecuentes fueron 8 y 9, con 20 y 21 respuestas respectivamente, indicando que la mayoría de los participantes considera que su calidad de sueño es buena.

Ilustración 39: Calidad del Sueño en Semana de Exposición

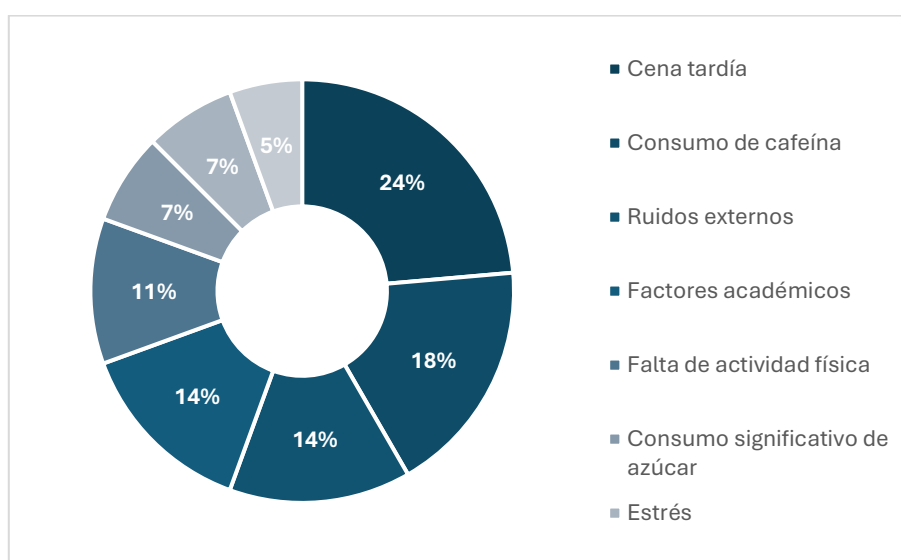


Fuente: Elaboración propia

Las puntuaciones más bajas, como 1, 2 y 3, tuvieron una frecuencia mínima, lo que sugiere que pocos participantes perciben su calidad de sueño como muy deficiente. El cálculo del promedio de la calidad del sueño arroja un resultado de 8.02, lo que refuerza la tendencia general hacia una percepción positiva del descanso nocturno.

La Ilustración 40 muestra los factores que pudieron afectar el sueño durante la semana de exposición, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: el 24% (n=17) de los participantes reportó la cena tardía como un factor influyente, seguido por el consumo de cafeína con un 18% (n=13). Los ruidos externos y los factores académicos fueron mencionados por el 14% (n=10) de los participantes cada uno. La falta de actividad física representó el 11% (n=8), mientras que el consumo significativo de azúcar y el estrés fueron reportados en un 7% (n=5) respectivamente. Finalmente, la luz externa fue el factor menos mencionado, con un 5% (n=4).

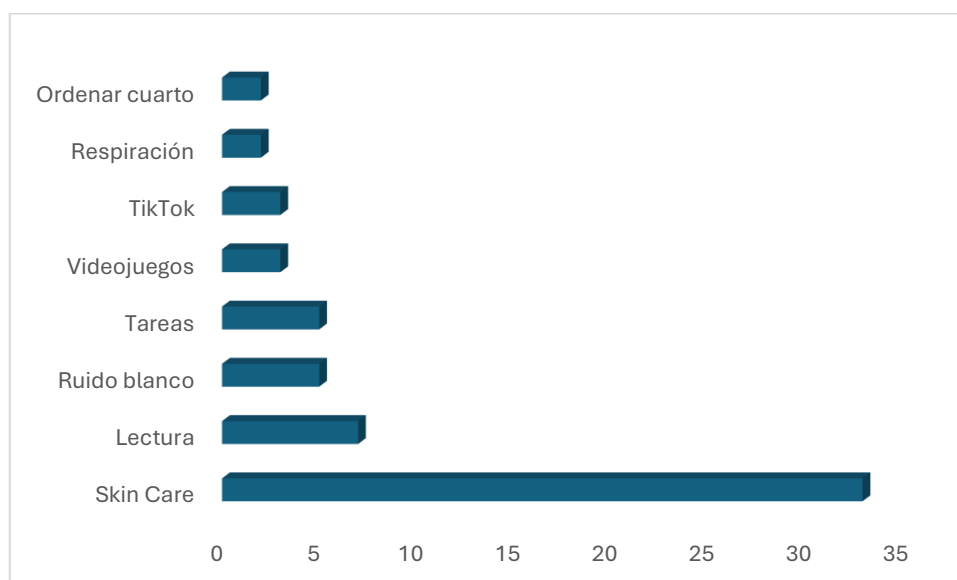
Ilustración 40: Posibles Factores que Afectaron el Sueño en Semana de Exposición



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 41 se pueden observar cómo los participantes realizaron diversas actividades antes de ir a dormir, siendo el cuidado de la piel la más frecuente, con un 62.86% (n=44). La lectura y escuchar ruido blanco fueron otras actividades recurrentes, ambas con un 10% (n=7). Realizar tareas también fue mencionada, representando un 7.14% (n=5). Por otro lado, actividades como jugar videojuegos y ver TikTok tuvieron una menor presencia, con un 4.29% (n=3) cada una. Finalmente, las actividades menos frecuentes fueron ejercicios de respiración y ordenar el cuarto, ambas con un 2.86% (n=2).

Ilustración 41: Hábitos Antes de ir a Dormir en Semana de Exposición



Fuente: Elaboración propia

Los tiempos promedios de exposición a pantallas se detallan en la Ilustración 42, donde se observa una variabilidad en la duración del uso de dispositivos. Se identifican picos en 10 minutos (12.86%, n=9), 30 minutos (14.29%, n=10) y 1 hora (24.29%, n=17) como los periodos más frecuentes de exposición. También se registran tiempos menores como 0 minutos (5.71%, n=4), 15 minutos (4.29%, n=3) y 25 minutos (1.43%, n=1), así como exposiciones más prolongadas de 2 horas (10%, n=7) y 3 horas (5.71%, n=4). Estos datos reflejan que, si bien la mayoría de los participantes pasa menos de una hora frente a pantallas antes de dormir, existe una minoría con tiempos significativamente más largos.

Ilustración 42: Tiempo de Exposición a Pantallas en Semana de Exposición

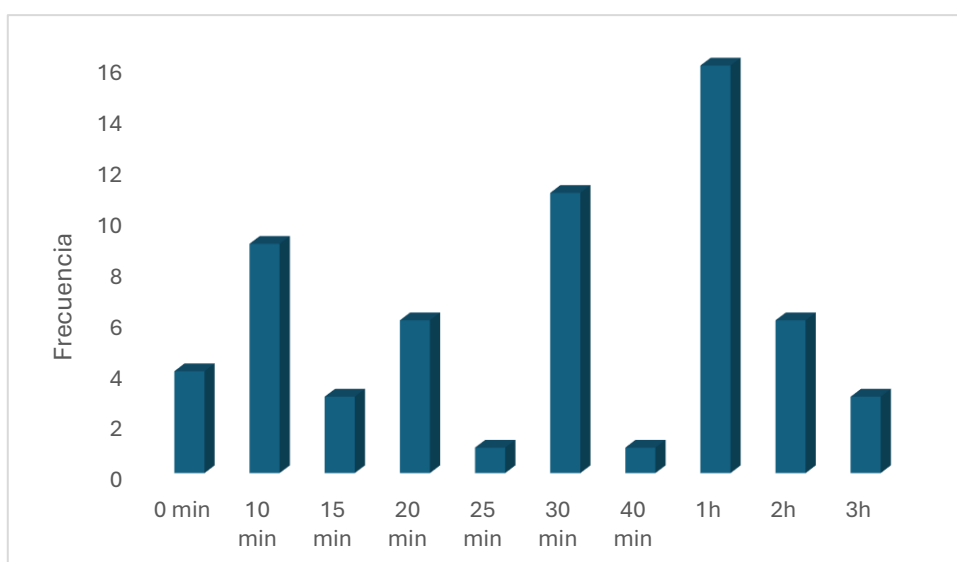
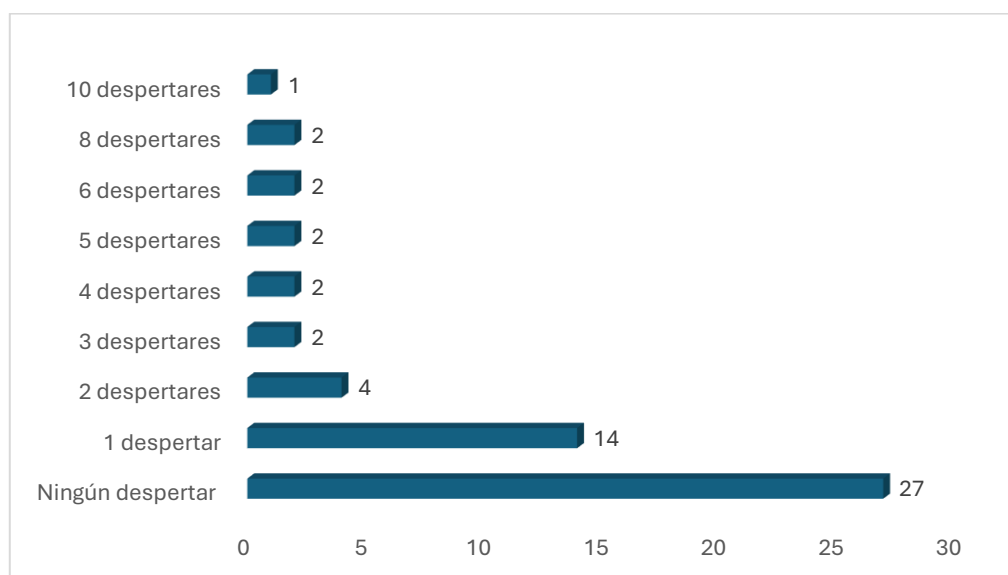


Ilustración 44: Cantidad de despertares nocturnos durante la semana de exposición



Fuente: Elaboración propia

5.5 REGISTROS POST-EXPOSICIÓN

Debido a la necesidad de dividir la muestra en dos grupos y realizar etapa de exposición en dos semanas, la etapa post-exposición también tuvo que dividirse en dos fases, ya que cada grupo inicio su evaluación la semana después de la exposición. En consecuencia, esta etapa se llevó a cabo del 3 al 7 marzo para el primer grupo y del 10 al 14 de marzo para el segundo.

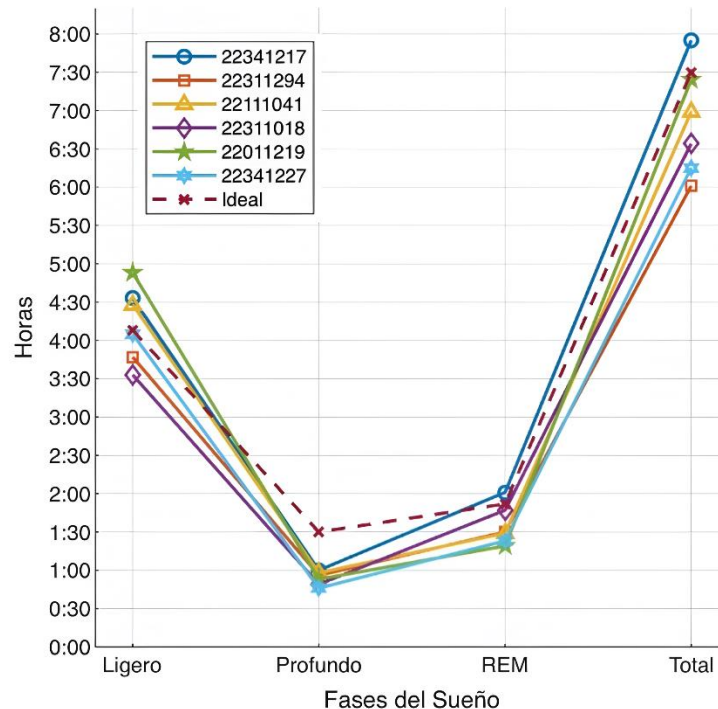
Es importante que durante esta etapa la mayoría de los estudiantes tuvo pruebas y estuvieron trabajando en sus proyectos de clases, lo que pudo haber influido en su desempeño y participación en el estudio.

5.5.1 FASES DE SUEÑO

Tras la semana de exposición, se calcularon nuevamente los promedios de las fases del sueño y TTS obtenido durante los cinco días de medición. En esta etapa, se observaron resultados prometedores, evidenciando que la mayoría de los estudiantes alcanzo promedios muy cercanos al ideal. En la Ilustración 45, se muestra que 4 estudiantes lograron igualar o superar el valor ideal en la fase de sueño ligero. Es importante señalar que, aunque un aumento en esta fase no represente un problema, tampoco es un indicador de una mejor calidad del sueño, ya que el sueño ligero es la etapa de transición antes de alcanzar las fases más reparadoras. Aun así, los valores registrados no se alejaron considerablemente del ideal, lo

que demuestra un buen promedio en la duración de esta fase en la mayoría de los estudiantes. En cuanto al sueño profundo, todos los participantes presentaron valores similares, quedando aproximadamente a unos 30 minutos del umbral considerado óptimo.

Ilustración 45: Duración promedio de las fases de sueño post-exposición en grupo control

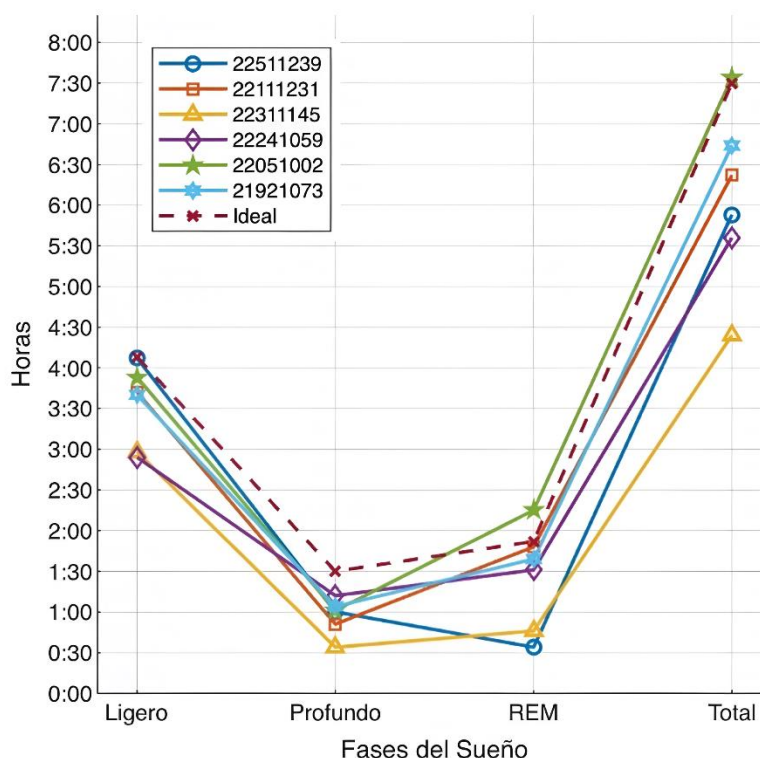


Fuente: Elaboración propia

Respecto a la fase REM, se identificó un caso en el que el estudiante superó el rango óptimo establecido en la literatura, mientras que el resto presentó diferencias mínimas, de entre 15 y 20 minutos por debajo del umbral. Finalmente, en el TTS, dos estudiantes lograron superar las 7 horas y 30 minutos de sueño, lo que indica que al menos durante esta semana lograron alcanzar una cantidad de descanso adecuada.

Analizando los promedios del grupo con síntomas de insomnio, se observó una notable variabilidad en la distribución de las fases del sueño. En la Ilustración 46, se evidencia una alta dispersión de los datos, lo que indica diferencias significativas en la calidad del sueño entre los participantes. Esto pudo haberse debido por diversos factores personales, o por la misma carga académica que esta semana de la universidad requiere.

Ilustración 46: Duración promedio de las fases de sueño post-exposición en grupo con síntomas de insomnio



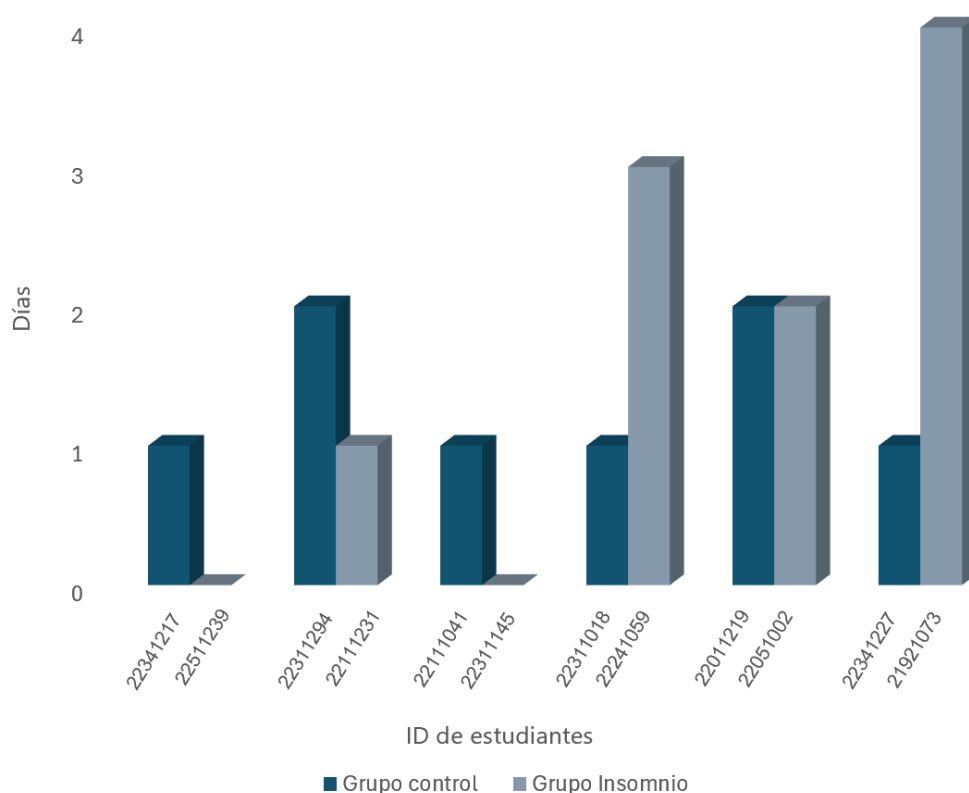
Fuente: Elaboración propia

Particularmente, se identificaron dos estudiantes cuyos promedios estuvieron muy por debajo del rango ideal en todas las fases, esta deficiencia probablemente impactó negativamente en la calidad del descanso y como consecuencia, en su rendimiento cognitivo y estado de alerta durante el día. Por otro lado, los cuatro estudiantes restantes mostraron valores mucho más cercanos a los ideales en cada fase, logrando incluso igualar algunos de estos parámetros. En particular, el ID 22511239 alcanzó el valor ideal en la fase de sueño ligero. Asimismo, el estudiante con ID 22051002 obtuvo valores considerados óptimos tanto en la fase REM como en el TTS, lo que indica que obtuvo una buena consolidación del sueño y una recuperación más efectiva.

Procediendo al siguiente paso, que es evaluar que días de la semana estuvieron dentro de los rangos recomendados según la literatura, como se observa en la Ilustración 47, únicamente el 17% (n=2) alcanzaron a tener un sueño dentro de los valores óptimos durante tres o más días de la semana. El 25% (n=3) obtuvieron 2 días dentro del rango y el 42% (n=5) al menos 1 día de la semana lograron entrar dentro del rango. También se observa que alguno de los

participantes con síntomas de insomnio no logró llegar a obtener un sueño óptimo durante de esta semana. Por lo comentado anteriormente, que durante esta semana los estudiantes tenían mayor estrés académico por trabajos y proyecto de clases, esto pudo haber afectado y el motivo por el cual se hayan tenido estos porcentajes.

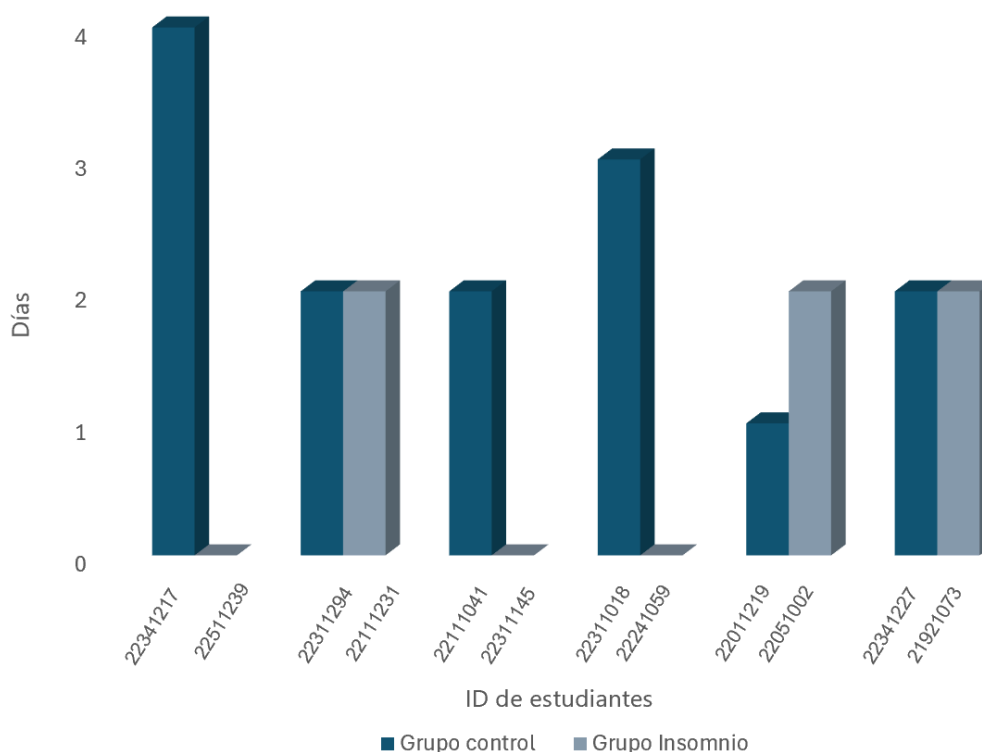
Ilustración 47: Días post-exposición dentro del rango adecuado según literatura



Fuente: Elaboración propia

Siguiendo a evaluar cuantos días de los evaluados se obtuvo un TTS superior a 7 horas, se observó que el grupo control al menos 1 días de la semana durmieron más de 7 horas, mientras que en el grupo con síntomas de insomnio la mitad de los estudiantes logro durante los 5 días obtener un TTS mayor de 7 horas en 2 días. Esto demuestra que a pesar de las dificultades que presentan para dormir una buena cantidad de horas y sumado a la carga académica, una parte significativa logro alcanzar un TTS adecuado en algunos días.

Ilustración 48: Días post-exposición con duración de sueño superior a 7 horas



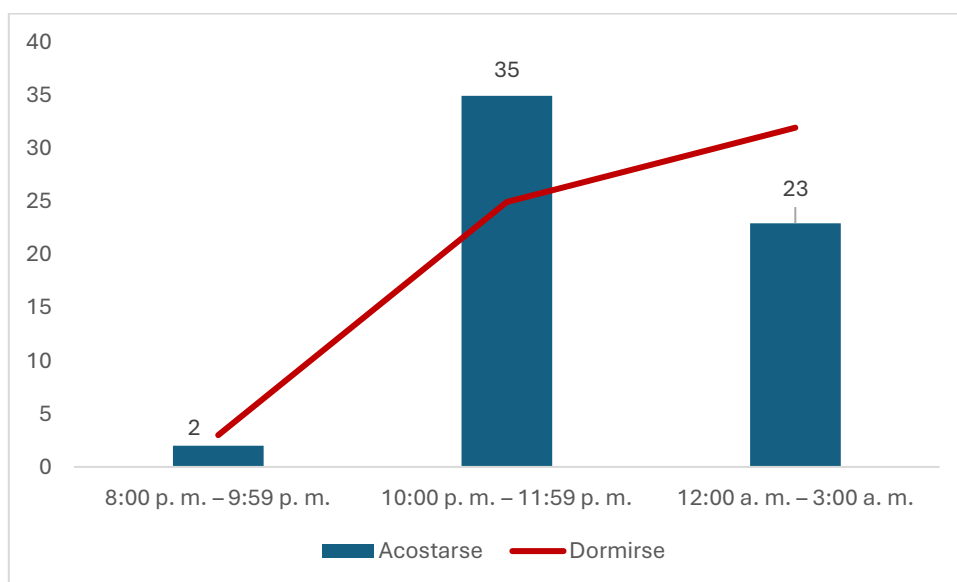
Fuente: Elaboración propia

5.5.2 DIARIO DEL SUEÑO

Esta etapa corresponde a la tercera y última fase del estudio, enfocada en los hábitos de los participantes durante la semana posterior a la exposición a la terapia. El objetivo es obtener datos sobre cómo perciben su sueño después de haber recibido la intervención.

La Ilustración 49 muestra la relación entre la hora en que los participantes se acostaron y la hora en la que finalmente se durmieron durante la semana posterior a la terapia. El 70% ($n = 35$) de los encuestados indicó acostarse entre las 10:00 p.m. y 11:59 p.m., mientras que el 26% ($n = 13$) señaló quedarse dormido en ese mismo intervalo. Por otro lado, el 46% ($n = 23$) reportó dormirse entre las 12:00 a.m. y 3:00 a.m., aunque solo el 4% ($n = 2$) manifestó haberse acostado entre las 8:00 p.m. y 9:59 p.m. Esta diferencia evidencia que, aunque la mayoría se acuesta antes de la medianoche, una parte considerable no se duerme hasta después de esa hora.

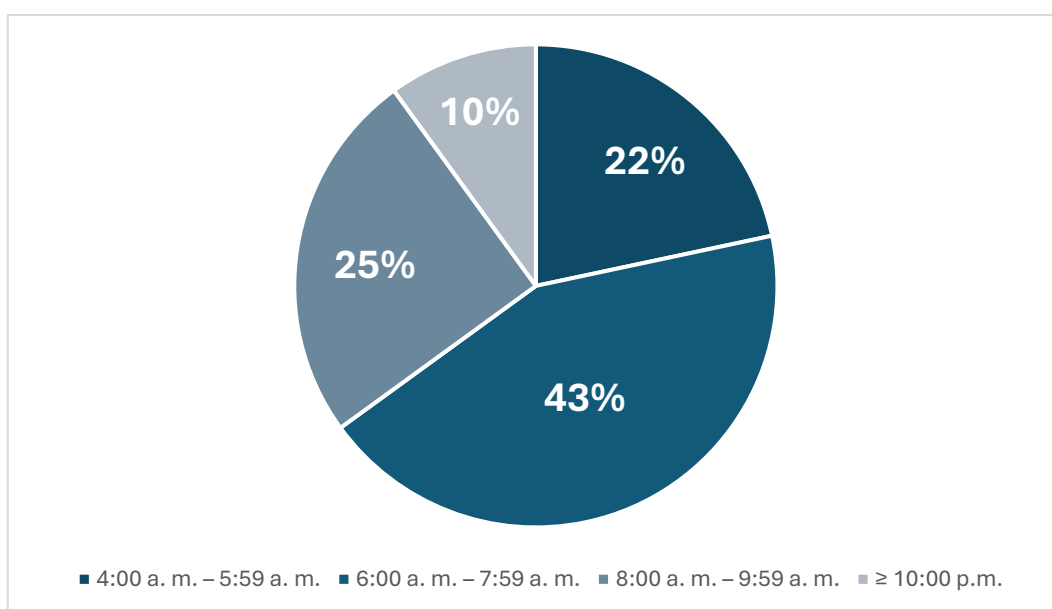
Ilustración 49: Hora de Acostarse vs Hora de Dormirse en Semana Post Exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 50 muestra la hora en la que los participantes reportaron despertarse durante la semana posterior a la terapia. El 43% ($n = 21$) indicó despertarse entre las 6:00 a.m. y 7:59 a.m., seguido por el 22% ($n = 11$) que lo hizo entre las 4:00 a.m. y 5:59 a.m. Esto indica que la mayoría de los participantes despertó en horas tempranas. Un 25% ($n = 13$) reportó despertarse entre las 8:00 a.m. y 9:59 a.m., mientras que el 10% ($n = 5$) lo hizo a partir de las 10:00 a.m. en adelante.

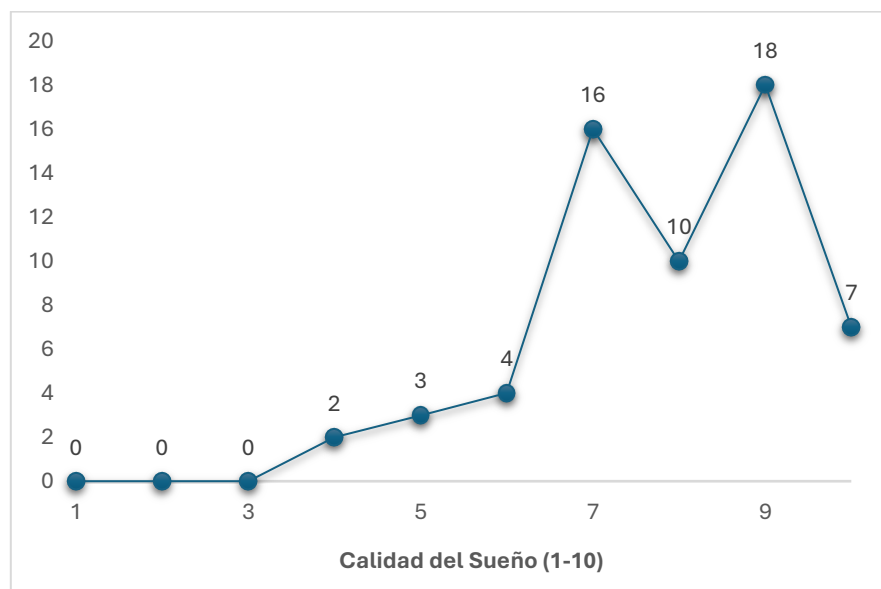
Ilustración 50: Horario de Despertar de los sujetos post terapia



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 51 muestra la calidad del sueño percibida por los participantes durante la semana posterior a la terapia. El 30% ($n = 18$) calificó su sueño con 9 puntos sobre 10, mientras que el 26.6% ($n = 16$) lo evaluó con un 7. Un 16.6% ($n = 10$) otorgó una puntuación de 8, seguido por el 11.6% ($n = 7$) que eligió 10 puntos. Otras puntuaciones registradas fueron: 6 puntos con un 6.6% ($n = 4$), 5 puntos con un 5% ($n = 3$), 4 puntos con un 3.3% ($n = 2$) y 3 puntos con un 1.6% ($n = 1$). Las puntuaciones de 1 y 2 no fueron seleccionadas por ningún participante.

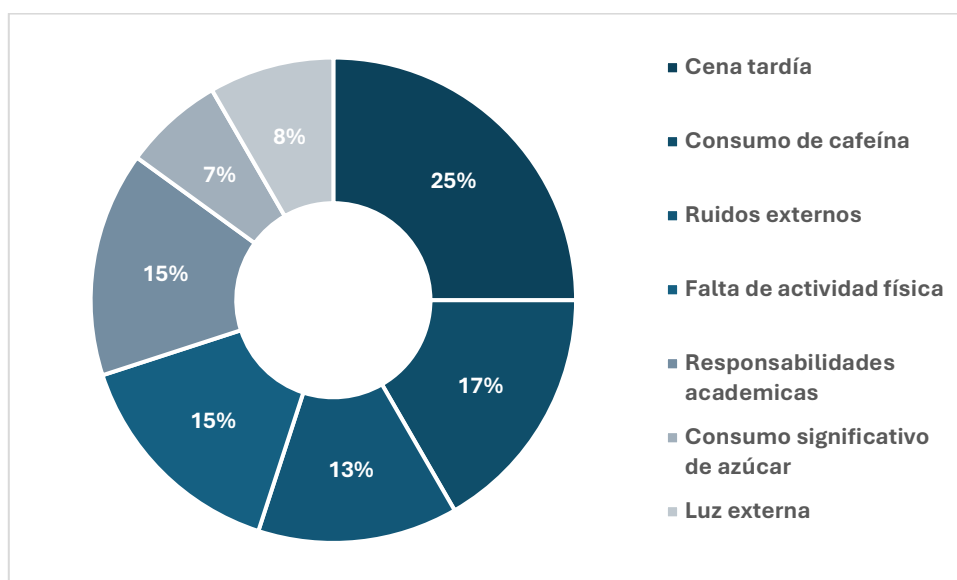
Ilustración 51: Puntaje Calidad del Sueño Post Exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 52 presenta los factores que los participantes identificaron como influyentes en su descanso durante la semana posterior a la terapia. El 25% ($n = 15$) reportó la cena tardía como el principal factor. Le siguen el consumo de cafeína con un 16.6% ($n = 10$), la falta de actividad física y las responsabilidades académicas, ambas con un 15% ($n = 9$). El 13.3% ($n = 8$) señaló los ruidos externos, mientras que el 8.3% ($n = 5$) mencionó la luz externa y el 6.6% ($n = 4$) el consumo significativo de azúcar.

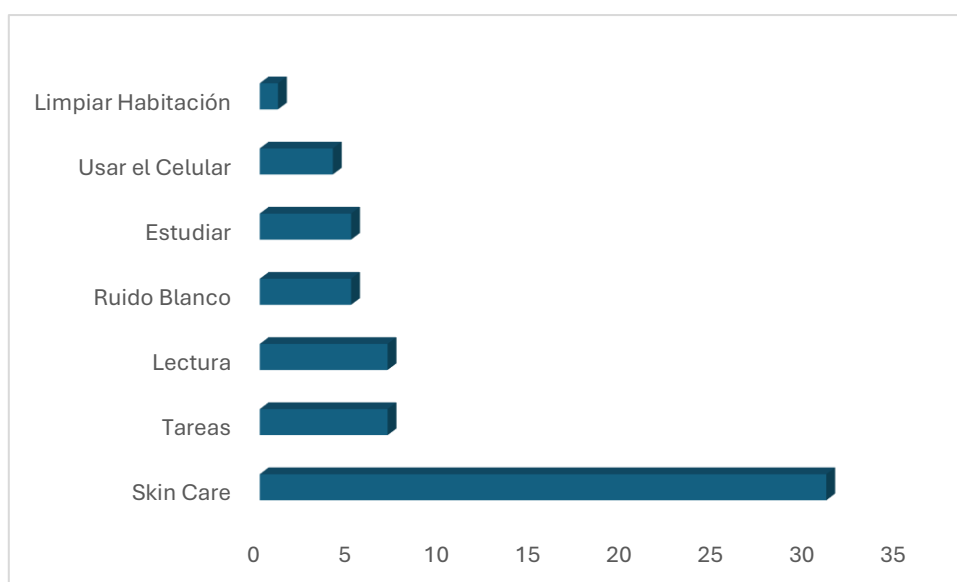
Ilustración 52: Factores que Afectaron el Sueño en Semana Post Exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 53 muestra las actividades realizadas por los participantes antes de dormir durante la semana posterior a la terapia. El 50% ($n = 30$) mencionó realizar una rutina de cuidado personal (Skin Care). Un 11.6% ($n = 7$) indicó realizar tareas, mientras que otro 11.6% ($n = 7$) mencionó la lectura. El 8.3% ($n = 5$) reportó escuchar ruido blanco, al igual que otro 8.3% ($n = 5$) que señaló estudiar. El 6.6% ($n = 4$) indicó usar el celular como parte de su rutina previa al sueño, y el 3.3% ($n = 2$) mencionó limpiar su habitación.

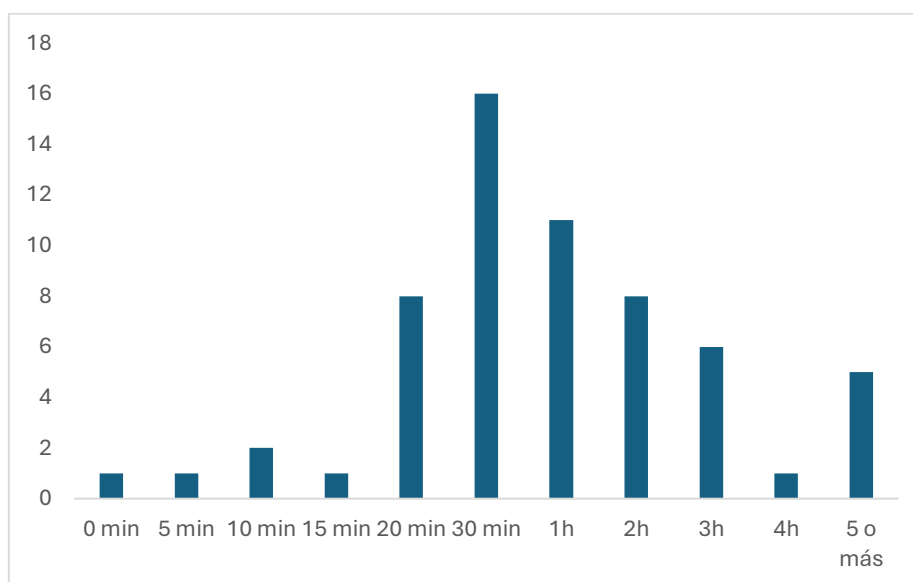
Ilustración 53: Hábitos Antes de ir a Dormir



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 54 muestra el tiempo de exposición a pantallas antes de dormir reportado por los participantes durante la semana posterior a la terapia. El 23.8% ($n = 16$) indicó usar pantallas durante 30 minutos, seguido por el 16.4% ($n = 11$) que reportó una hora de exposición. El 11.9% ($n = 8$) señaló un uso de 20 minutos, el mismo porcentaje que indicó 2 horas. Un 9% ($n = 6$) mencionó 3 horas, mientras que un 7.4% ($n = 5$) reportó 5 horas o más. El 3% ($n = 2$) indicó 10 minutos, y el 1.5% ($n = 1$) reportó cada uno de los siguientes tiempos: 0 minutos, 5 minutos, 15 minutos y 4 horas.

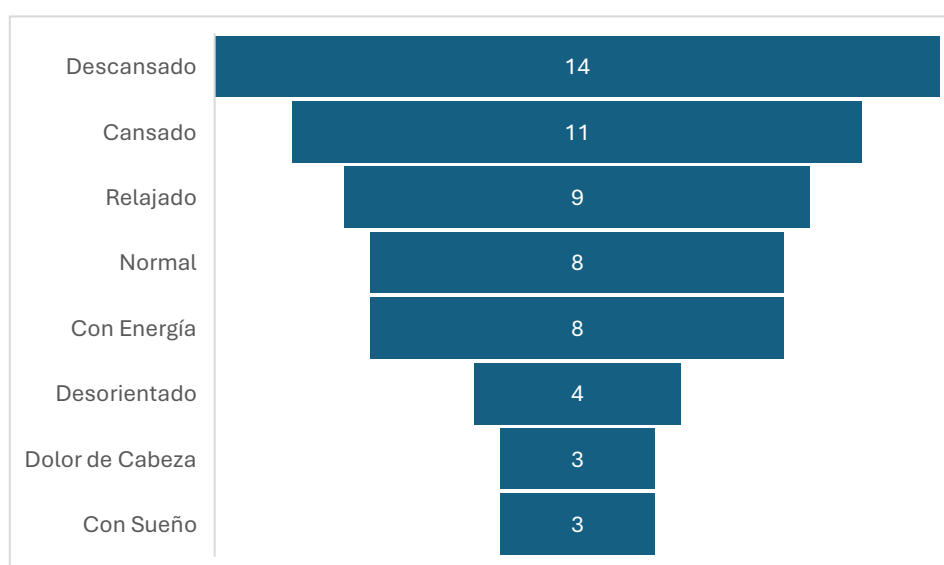
Ilustración 54: Promedio de Exposición a Pantallas Post Terapia



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 55 muestra cómo se sintieron los participantes al despertar durante la semana posterior a la terapia. El 23.3% ($n = 14$) indicó sentirse descansado, mientras que el 18.3% ($n = 11$) reportó sentirse cansado. El 15% ($n = 9$) expresó haberse sentido relajado. Un 13.3% ($n = 8$) se describió como normal, y otro 13.3% ($n = 8$) mencionó sentirse con energía. Además, el 6.6% ($n = 4$) se sintió desorientado, mientras que el 5% ($n = 3$) reportó haber despertado con dolor de cabeza y otro 5% ($n = 3$) con sueño.

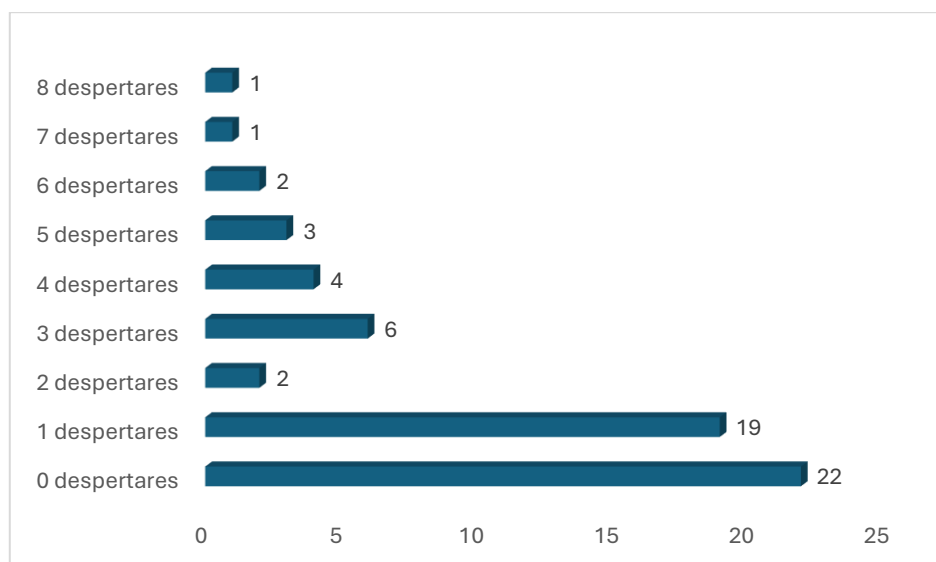
Ilustración 55: Sensaciones al Despertar Post Exposición



Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 56 muestra la cantidad de veces que los participantes reportaron despertarse durante la noche en la semana posterior a la terapia. El 36% ($n = 22$) indicó no haberse despertado en ningún momento, mientras que el 31.1% ($n = 19$) reportó un solo despertar. Un 9.8% ($n = 6$) señaló despertarse tres veces, seguido por un 6.5% ($n = 4$) que mencionó cuatro despertares. El 4.9% ($n = 3$) indicó cinco, el 3.2% ($n = 2$) seis y otro 3.2% ($n = 2$) dos despertares. Finalmente, un 1.6% ($n = 1$) reportó despertarse siete veces y otro 1.6% ($n = 1$) ocho veces durante la noche.

Ilustración 56: Frecuencia de Despertares en Semana de Exposición



Fuente: Elaboración propia

Los datos recopilados en esta última fase ofrecen información suficiente para evaluar la eficacia de la terapia aplicada. Las respuestas permiten observar cambios en los patrones de descanso y factores que influyen en la calidad del sueño. Estos resultados también permiten identificar ciertas limitaciones del estudio, como el tamaño de la muestra. A partir de estos hallazgos, es posible establecer recomendaciones para futuras intervenciones y mejoras posibles en la metodología.

5.6 ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

Al concluir las tres etapas del estudio, los estudiantes tenían una percepción clara de cómo se sintieron en cada fase y de los cambios que experimentaron a lo largo del proceso. Con el objetivo de evaluar su nivel de satisfacción y obtener una apreciación subjetiva sobre la efectividad de la iluminación circadiana en la mejor de su calidad de sueño, se diseñó y aplicó una última encuesta. Esta permitió recopilar información detallada sobre su experiencia, identificando en qué etapa percibieron mejoras significativas en la duración y profundidad del sueño, así como en su bienestar general durante las tres semanas de monitoreo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

Para empezar, se les preguntó a los estudiantes en qué etapa sintieron que la calidad de sueño fue mejor. Los resultados indicaron que el 75% de los participantes percibieron una mejor calidad de sueño durante la semana de exposición, mientras que el 25% reportó que esta mejora ocurrió en la semana posterior a la intervención. Esto sugiere que la terapia de la iluminación circadiana sí pudo haber contribuido a la regulación del ritmo circadiano de ciertos estudiantes, permitiendo que los efectos se extendieran más allá del periodo de exposición, llevándolos a conciliar el sueño más temprano y obtener una sensación de mayor profundidad en el descanso. Comparándolos con el grupo de control y grupo con síntomas de insomnio, dentro del grupo con síntomas de insomnio el 100% de los estudiantes mencionó que su calidad de sueño fue mejor durante esta etapa, es decir, que los que reportaron tener una mejor calidad de sueño en la semana posterior fueron ciertos estudiantes del grupo control. Este resultado se complementa con las respuestas obtenidas en la segunda pregunta, en la que se consultó si después de la semana de exposición, su horario para irse a dormir había mejorado. Un 58.3% de los estudiantes afirmó que sí lograron establecer un horario más regular. Por otro lado, el 25% indicó que sí lograron acostarse temprano durante la semana

de exposición y el restante 16.7% reportó no haber experimentado mejoras en su horario de sueño.

Enfocando un poco más en los síntomas de insomnio, se les preguntó en etapa sintieron que tuvieron menos problemas para conciliar el sueño. El 66.7% indicó que, durante la semana de exposición, el 25% después de la semana de exposición y un 8.3% antes de la exposición a la iluminación. Es decir, que un poco más del 90% de los participantes experimentaron una reducción en la latencia del sueño durante o después de la aplicación de la terapia. Asimismo, se les preguntó en que etapa experimentaron menos interrupciones o despertares nocturnos. Obteniendo una respuesta del 50% durante la terapia, un 41.7% después de la exposición y un 8.3% antes de la terapia. Nuevamente más del 90% obtuvo un sueño más profundo, ocasionando que no tuvieran despertares durante la noche. 5 de los 6 estudiantes dentro del grupo con síntomas de insomnio mencionó que durante la semana de exposición habían tenido menor problemas para conciliar el sueño y menos despertares nocturnos.

Para evaluar el impacto de la iluminación circadiana en el bienestar general de los participantes, se realizaron diversas preguntas relacionadas a su concentración, estado de ánimo, y sensación de fatiga. En primer lugar, se les consultó si notaron cambios en su nivel de concentración o rendimiento en actividades diarias después de la exposición a la iluminación. Los resultados fueron que el 75% reportó que sí habían notado una leve mejora, mientras que el 25% restante no noto cambios significativos. En cuanto al estado de ánimo, el 50% de los participantes afirmó haber experimentado una mejoría durante la semana de exposición, un 33.3% reportó sentirse mejor la semana después de la exposición y el 16.7% indicó que se sintieron igual durante las 3 etapas, es decir, que no notaron un cambio notable.

Respecto a la somnolencia diurna, se les preguntó si habían percibido una reducción en la sensación de fatiga durante los días posteriores a la exposición de la iluminación. El 66.7% de los estudiantes indicó que sí, manifestando sentirse con mayor energía a lo largo del día, mientras que el 33.7% no sintió que tuviera un impacto. Finalmente, se realizó una pregunta directa sobre si consideran que la iluminación circadiana había tenido un impacto positivo en su bienestar en general y de manera unánime, el 100% de los participantes respondió afirmativamente, señalando que, aunque los efectos pudieron haber sido leves, sintieron un mejoraría en su calidad de vida también.

Para finalizar esta encuesta, se le preguntó que si después de haber participado en este estudio, estarían dispuestos o si habían considerado empezar a utilizar iluminación circadiana en sus dormitorios para mejorar su sueño. El 100% de los participantes reportó que sí, que la experiencia de 5 días de exposición a la terapia fue suficiente para generar un interés en adoptar este tipo de iluminación en su entorno personal, quizás no los 4 focos como se realizaron en este estudio, pero si una lampara de noche que contenga este tipo de iluminación. De igual manera, se preguntó si el haber participado en este estudio ayudó a tomar mayor conciencia sobre su higiene del sueño, nuevamente el 100% reportó que sí, afirmando que el estudio les hizo reflexionar sobre sus hábitos de sueño. Si bien, nuestro objetivo principal no era hacerles entrar en conciencia sobre su higiene del sueño, fue un plus que se obtuvo y es posible que, tras su participación, consideren ajustar sus horarios de sueño y priorizar un descanso adecuado, entendiendo el impacto que este tiene en su bienestar y rendimiento diario.

5.7 VALIDACIÓN CON PROFESIONALES DE SALUD

Para validar el uso de la iluminación circadiana como un tratamiento no farmacológico para el insomnio, se presentaron los resultados obtenidos a dos médicos y a un psicólogo. La sesión comenzó con una introducción detallada sobre los objetivos del estudio, enfatizando la importancia de la iluminación circadiana en la regulación del ciclo sueño-vigilia. Posteriormente, se explicó la metodología utilizada incluyendo el diseño del estudio, la selección de los participantes y las condiciones en las que se llevaron a cabo las pruebas. Además, se proporcionó información sobre el entorno en el que se realizó la intervención, asegurando que los profesionales de salud comprendieran el contexto en el que se desarrolló el estudio. A medida se les explicaba cada punto del estudio, se dio un espacio para responder cualquier duda que pudiera surgir en ese momento y se explicaba de manera efectiva para que quedara en claro los procedimientos y resultados obtenidos.

Tras la presentación de los resultados a la primera doctora, ella indicó que sí considera que la iluminación circadiana puede ser una herramienta complementaria para el tratamiento no farmacológico para trastornos del sueño. Explico que, lo que hace valido la terapia y el procedimiento llevado a cabo en este estudio, fueron los resultados obtenidos en la disminución de frecuencia cardiaca una vez que finalizaba la terapia, ya que para que este fenómeno ocurriera, significaba la disminución en los niveles de cortisol y que, a su vez, esta

reducción favorecía a la producción de melatonina, facilitando así el inicio del sueño. Sin embargo, enfatizo que esta es una excelente forma para inducir al sueño, no necesariamente a mejorar la calidad de sueño. Comentó que la calidad de sueño depende de múltiples factores externos, tales como, rupturas amorosas, problemas financieros, estrés académico, problemas familiares, entre otros. También mencionó que para hacer fortalecer aún más la validez de los resultados sería bueno aumentar la duración de las semanas de exposición a la iluminación circadiana, ya que una exposición durante una mayor cantidad de días podría contribuir a una mejor regulación de los hábitos de sueño. Explicó que, al extender el tiempo de aplicación de la terapia, el cuerpo tendría más oportunidad de adaptarse e ir consolidando un patrón de descanso y hábitos más estables.

Durante la entrevista con el segundo doctor, este reafirmó que, tras analizar los resultados obtenidos, que la iluminación circadiana tiene el potencial de ser utilizada como un tratamiento no farmacológico complementario para el insomnio. Destacó que es una alternativa para ser empleada como tratamiento inicial, ya que se basa en un mecanismo natural del cuerpo humano, que es la regulación del ciclo circadiano a través de la exposición a la luz. Mencionó que al igual que la luz solar influye en la producción de melatonina, la iluminación artificial, como la utilizada en el estudio, puede llegar también a tener un impacto en la regulación y duración de cada una de las fases del sueño. Explicó que recientemente ha habido muchas investigaciones explorando como la luz puede activar ciertos procesos neurológicos, en concreto, citó estudios sobre la epilepsia en los que se emplean luces parpadeantes para estimular focos epileptógenos en el cerebro, lo que demuestra científicamente que la luz tiene la capacidad de desencadenar respuestas neurológicas específicas. De la misma forma que dicha terapia tiene efectos beneficiosos para el diagnóstico de este tipo de pacientes, resaltó que el enfoque y los resultados obtenidos en este estudio demuestran que la iluminación también podría tener un impacto positivo en el tratamiento de trastornos del sueño y que este tipo de investigaciones tienden a sentar las bases para futuros trabajos. Para finalizar, concluyó que uno de los aspectos que otorgaron validez fueron el registro de las mediciones de las fases del sueño y los cambios reflejados en aquellos participantes que si pusieron de su parte siguiendo todas las indicaciones.

El tercer profesional entrevistado fue una psicóloga, especializada en educación especial, a la cual se le consultó a acerca de su punto de vista acerca de la terapia y los resultados

mostrados desde su experiencia. Comento como ya se utiliza cierto tipo de iluminación en la educación de pacientes que requieren de estimulación temprana, y como su utilización resulta beneficiosa para mejorar la orientación espacial como la iluminación de pasillos o caminos que lleguen a un lugar específico. Así mismo comento su uso para el tratamiento del Trastorno Afectivo Estacional (TAE), depresión que suele ocurrir en estaciones del año en las que carece de luz solar, el cual se basa a exponer a los pacientes a luces brillantes y estimulantes que incidan en estados de ánimo.

Comunicó la oportunidad que representa el uso de la tecnología en el abordaje del tratamiento del insomnio, mencionando el caso de dispositivos como los smartwatches y anillos inteligentes, que permiten desarrollar protocolos personalizados enfocados en las necesidades y comodidad de los pacientes. Además, destacó la importancia de combinar la fototerapia con otros métodos no farmacológicos, resaltando la utilidad de herramientas como la Evaluación Cognitiva para Pacientes con Insomnio (CAB-IN). Esta evaluación permite identificar funciones cognitivas afectadas por el insomnio, como la atención y la memoria. Según su opinión, la información obtenida a partir de estas evaluaciones podría emplearse para ajustar parámetros de iluminación y hábitos de sueño, complementando así intervenciones como la terapia cognitivo-conductual (TCC) y estrategias basadas en iluminación circadiana.

Finalmente, concluyó que un sueño de buena calidad puede favorecer la estabilidad emocional, mejorar el estado de ánimo, la concentración y la regulación del estrés, mientras que un descanso deficiente suele estar asociado a irritabilidad, disminución del rendimiento cognitivo, aumento de la ansiedad y síntomas depresivos. Considerando estos efectos y los cambios observados luego de la estimulación con iluminación circadiana, propuso la posibilidad de utilizar herramientas psicológicas como el Inventario de Depresión de Beck (BDI) y la Escala de Ansiedad de Hamilton (HAM-A) para identificar con mayor precisión las variaciones emocionales que pueden acompañar la mejora en la calidad del sueño.

Se logró buena retroalimentación por parte de los profesionales, todos aportaron su grano de arena con ideas nuevas y aplicaciones que tiene la terapia en sus respectivas áreas de conocimiento. Así como un análisis del estudio, metodología y resultados, realizando recomendaciones y resaltando hallazgos desarrollados a lo largo de este trabajo.

5.8 LIMITACIONES

Los resultados muestran como el uso de iluminación circadiana tiene un efecto positivo en el reloj circadiano y que podría ser utilizado como una alternativa a los tratamientos convencionales para el insomnio. Este modelo de iluminación artificial se podría utilizar como reemplazo a los tratamientos farmacológicos de los cuales existen efectos adversos dependiendo del fármaco a administrar, y de las TCC que pueden resultar un reto para algunos de los pacientes ya que requiere un alto grado de compromiso. A pesar de que la terapia se llevó a cabo solo durante 5 días seguidos, los efectos de la iluminación y su aporte a la regulación del sueño fueron notorios tanto en el patrón del sueño de los participantes como en su percepción del sueño, existieron factores que resultaron ser obstáculos para que la terapia se llevara a cabo de mejor forma.

Este estudio cuenta con una serie de barreras que dificultaron su más adecuada elaboración, una limitante es el factor tiempo, al solo contar con 10 semanas para llevar a cabo el estudio completo, la etapa de la terapia se acotó a solo 2 semanas, de las cuales se tuvo que dividir a la muestra completa en grupos de 6 personas para poder llevar a cabo la exposición de los 5 días seguidos en cada uno de los participantes dado que cada una de las sesiones comprendió una duración de 30 min lo que limitó a 6 sujetos diarios por la tarde. Otra de las limitaciones fue el horario al que cada uno de los participantes podía someterse a la terapia ya que cada uno tenía horarios diferentes. Algunos solo disponían de espacios tempranos por la tarde o antes de medio día y no siempre por la tarde noche que es el horario más propicio para llevar a cabo la terapia.

El compromiso de los participantes también resultó un reto grande a superar y saber llevar, ya que algunos no quisieron poner de su parte para hacer cambios en su higiene del sueño y mejorar su descanso por las noches, adoptando costumbres como consumo significativo de azúcar y de cafeína por la tarde, así como el uso excesivo de pantallas por la noche. De igual forma, hubo muchos factores externos que se salían de la mano controlar una vez que el estudiante salía de haber recibido la terapia, como, por ejemplo, la luz azul de los pasillos, estrés del tráfico, tiempo en pantalla antes de dormirse, problemas personales, entre otros. Esto provocó que, a pesar de que la terapia como tal sí tiene un impacto en la inducción y calidad de sueño, no pudo verse resultados notorio en los datos numéricos obtenidos de ciertos estudiantes.

Finalmente, la última limitante es la posibilidad de fallo en los relojes inteligentes a la hora de hacer la medición de las fases del sueño. No todas las marcas y modelos de los smartwatches tienen la capacidad de llevar a cabo una medición del sueño en cada fase del sueño. Durante la primera semana de medición se perdieron algunos participantes debido a que sus smartwatches no poseían la capacidad de medir cada fase del sueño, solamente podían medir el tiempo total del sueño, lo cual no completaba la información requerida para realizar la evaluación de los resultados.

En futuros estudios se puede considerar utilizar una muestra con la que puedan contar con horarios en la tarde noche durante los días de exposición. Asimismo, ampliar la duración del estudio agregando una semana más de exposición ya que este ajuste puede garantizar la eficacia de la terapia, obteniendo un efecto más duradero en el ajuste del reloj circadiano para que de esa forma se vean menos fluctuaciones en las fases del sueño en la semana de seguimiento post exposición. Estandarizar una marca y modelo de smartwatch podría resultar conveniente ya que se acota la posibilidad de que estos fallen a la hora de generar una medición durante las noches. Por último, concientizar a los participantes y asegurar que se cuenta con total transparencia por parte de ellos y lo que llenen en las encuestas de su diario del sueño.

VI. DISCUSIÓN

En esta sección se procederá a realizar un análisis de los datos recopilados y presentados en la sección de resultados. Esto se realizará con el objetivo de inferir en las posibles razones por las cuales existieron cambios en los patrones de sueño de los estudiantes. Además, se llevará a cabo un análisis crítico que integrará los fundamentos de la terapia de iluminación circadiana, con el fin de evaluar cómo la exposición a la luz influye en la regulación del ciclo sueño-vigilia.

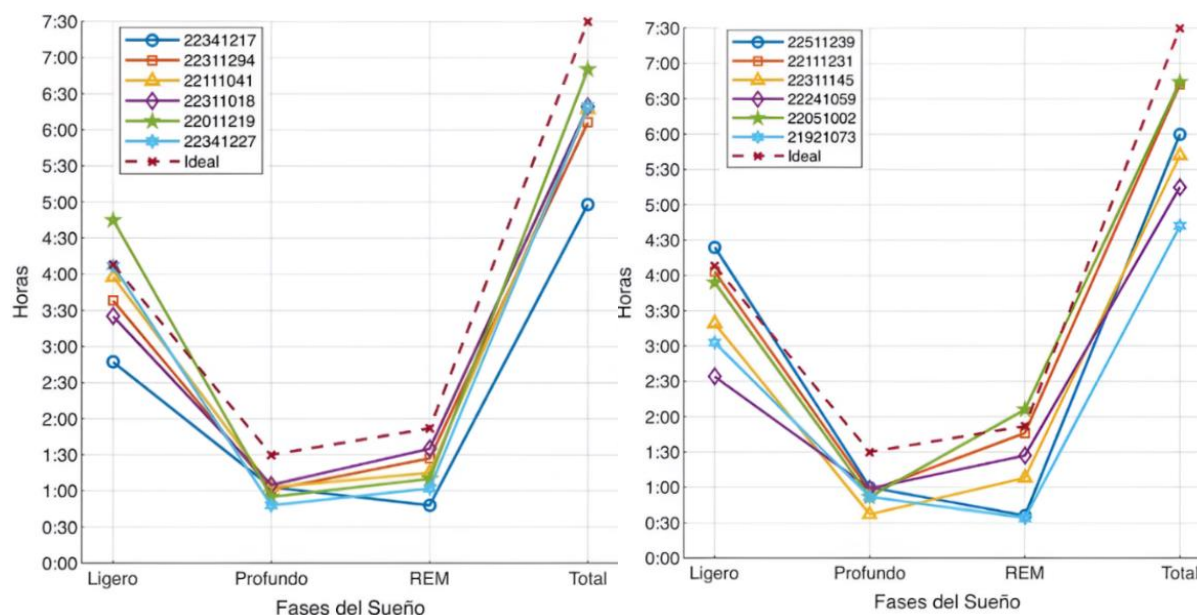
6.1 COMPARACIÓN DE DATOS ENTRE ETAPAS DEL ESTUDIO

Esta sección compara los datos obtenidos en ambos grupos, el de control y el de personas con insomnio durante las diferentes etapas del estudio, la de pre-exposición, exposición y post exposición. Con el fin de determinar el aporte que el uso de iluminación circadiana tiene en el ajuste del reloj circadiano y el tratamiento no farmacológico del insomnio.

6.1.1 COMPARACIÓN PRE-EXPOSICIÓN VS. EXPOSICIÓN A LA TERAPIA

La Ilustración 57, en la gráfica de la izquierda muestra el promedio de tiempo que cada alumno del grupo de control pasa en cada fase del sueño antes de ser expuestos a la terapia y a pesar de ser el grupo que indicó no tener problemas del sueño, por características de la muestra, jóvenes universitarios, no se espera que su promedio de tiempo en cada una de las fases sea igual que al ideal. De la ilustración antes mencionada se puede observar cómo los participantes que afirmaron dormir bien, y que obtuvieron buenas puntuaciones en el PSQI e ISI, realmente no tienen el mejor sueño. La forma en la que las líneas se comportan, a pesar de estar alejadas de la ideal, existe un patrón en el cual todas se asemejan entre sí, indicando que dichos estudiantes tienen un sueño similar entre sí.

Ilustración 57: Horas promedio pre-exposición grupo de control vs grupo con síntomas de insomnio



Fuente: Elaboración propia

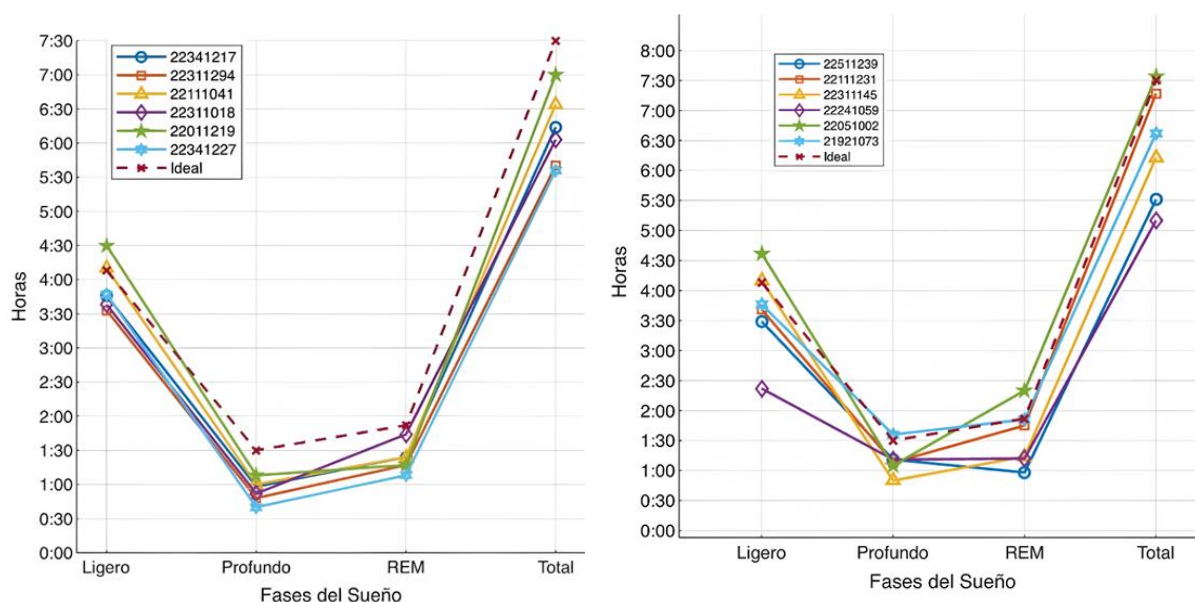
En contraparte, el lado derecho muestra el tiempo promedio que los alumnos del grupo con síntomas de insomnio pasan en cada fase del sueño. Como ellos indicaron, sus problemas de sueño se ven reflejados en la ilustración, ya que muchos de ellos no duermen lo suficiente ya que se encuentran por debajo de las 7h 30 min, algunos promediando solamente entre 4h 30 min y 5h 30 min de TTS. Igualmente, en el gráfico propuesto se aprecia como cada participante cuenta con un patrón de sueño bastante diferente al de los demás, indicando que unos duermen peor que otros, pero siempre por debajo de lo ideal. Se cree que el motivo de este comportamiento en sus graficas es debido a la vulnerabilidad que tienen los estudiantes a estar frecuentemente expuestos a iluminación que irradia luz azul y distintos factores externos que pueden afectar su descanso.

Dentro de este grupo de estudiantes con síntomas de insomnio se encuentra el participante 22051002 con puntaje de 12 puntos para el PSQI y de 19 puntos para el ISI, informó en las encuestas del diario del sueño que durante toda la semana de pre-exposición tomó magnesio que se le fue recetado para contrarrestar sus niveles elevados de cortisol y poder conciliar el sueño. Con esta información, se considera que este sujeto podría haber tenido estadísticas aún más desfavorables si hubiese estado en las mismas condiciones que el resto de los participantes que declararon no tomar ningún fármaco para inducir el sueño.

Además, este sujeto resulta ideal para el estudio, ya que sus resultados pre-exposición y durante exposición serán determinantes.

Por otro lado, la Ilustración 58, en su lado izquierdo muestra el promedio de tiempo que los participantes del grupo de control pasaron en cada fase del sueño durante la semana de exposición. En este caso se puede observar como si hubo una mejoría en contraste de este tiempo promedio durante la primera etapa del estudio. El principal hallazgo fue la mejora significativa del participante 22341217 en su promedio de sueño profundo y TTS. Durante la semana de exposición, el tiempo de sueño profundo aumentó de menos de 1 hora a un rango de 1 hora y fracción, mientras que su TTS pasó de un promedio de 5 horas a 6 horas y 30 minutos. En general, se observa la misma tendencia que se presentó durante la semana de pre-exposición en todos los sujetos del grupo de control, con una mejora significativa en el sueño profundo y el TTS.

Ilustración 58: Horas promedio durante exposición grupo de control vs grupo con síntomas de insomnio



Fuente: Elaboración propia

En el lado derecho de la ilustración se encuentra la gráfica correspondiente al grupo con síntomas de insomnio, en comparación a la gráfica del mismo grupo durante la semana antes a la exposición se logra observar como el tiempo en las fases del sueño sufre un aumento, en el caso del TTS, se aprecia como las líneas que corresponden a los alumnos se acercaron más

al valor ideal. Antes de la exposición el sueño profundo era en algunos participantes apenas mayor a 30 min, mientras que durante la exposición se alcanzó el promedio de casi 1h. El sueño REM mostró un cambio similar. En el caso de los participantes 21921073, obtuvo un incremento de +1h 17 min en REM y +1h 55min en el TTS. También se observó un incremento en el sueño ligero de +43 minutos y +44 minutos en el sueño profundo. Además de mejorar los tiempos de duración en cada una de las fases, el estudiante también indicó verbalmente que había sentido una mejora en la calidad de su sueño tras la aplicación de la terapia, sintiendo que verdaderamente había descansado durante la noche.

También se vio un caso, con la estudiante de ID 22111231, que redujo el tiempo pasado en sueño ligero y aumento los de sueño profundo, REM y TTS. Reducir el tiempo en el sueño ligero y redistribuirla hacia las fases profundas sugiere que la estudiante obtuvo un sueño eficiente y restaurador.

Por otro lado, el estudiante con ID 22051002 actualizó su registro sobre la ingesta de magnesio para controlar el insomnio causado por sus altos niveles de cortisol. Durante la semana, no utilizó el medicamento en ningún día y expresó su felicidad por haber logrado dormirse más temprano, además de experimentar una sensación de descanso y energía al día siguiente. Específicamente, se observó un incremento de 13 minutos en el sueño profundo y de 14 minutos en la fase REM. Además, el tiempo total de sueño se elevó en 50 minutos en comparación con los registros obtenidos en la etapa previa a la exposición. Esto evidencia que la terapia de iluminación circadiana ha comenzado a dar resultados, demostrando que el uso de fármacos no es la única solución, premisa que comunicaron los 248 científicos expertos en la interacción entre la iluminación artificial y los ritmos circadianos.

La Tabla 15 muestra una tendencia positiva en la mayoría de los casos. Enfocándonos en la etapa de sueño profundo y REM, se observa que en el sueño REM se logró mejorar la duración del tiempo pasado en esta fase en 5 de los 6 estudiantes que conforman el grupo control. Se logró una mejora un promedio de 10 minutos en comparación con la etapa pre-exposición, lo que nos podría decir que si se hubiera seguido más tiempo con la terapia se podría ir aumentando este promedio poco a poco, y mejorar aún más el tiempo promedio en esta fase que es crucial para la memoria, aprendizaje y regulación emocional.

Tabla 15: Tiempo promedio en fases de sueño y TTS antes y durante exposición

ID	LIGERO		PROFUNDO		REM		TTS	
	(PRE)	(EXP)	(PRE)	(EXP)	(PRE)	(EXP)	(PRE)	(EXP)
22341217	2h 47 m	3h 46 m	1h 03 m	58 m	48 m	1h 24 m	4h 58 m	6h 14 m
22311294	3h 38 m	3h 33 m	1h 01 m	48 m	1h 27 m	1h 17 m	6h 06 m	5h 40 m
22111041	3h 58 m	4h 10 m	1h 03 m	1h 00 m	1h 15 m	1h 24 m	6h 17 m	6h 34 m
22311018	3h 25 m	3h 38 m	1h 05 m	52 m	1h 35 m	1h 44 m	6h 19 m	6h 03 m
22011219	4h 45 m	4h 30 m	55 m	1h 08 m	1h 10 m	1h 17 m	6h 50 m	7h 00 m
22341227	4h 07 m	3h 47 m	48 m	40 m	1h 02 m	1h 08 m	6h 19 m	5h 36 m
22511239	4h 24 m	3h 29 m	1h 00 m	1h 11 m	36 m	58 m	6h 00 m	5h 31 m
22111231	4h 03 m	3h 41 m	57 m	1h 08 m	1h 46 m	1h 45 m	6h 42 m	7h 17 m
22311145	3h 19 m	4h 10 m	37 m	1h 10 m	1h 08 m	1h 14 m	5h 42 m	6h 13 m
22241059	2h 34 m	2h 22 m	59 m	1h 11 m	1h 27 m	1h 12 m	5h 15 m	5h 10 m
22051002	3h 54 m	4h 37 m	52 m	1h 05 m	2h 27 m	2h 20 m	6h 44 m	7h 34 m
21921073	3h 03 m	3h 46 m	52 m	1h 36 m	34 m	1h 51 m	4h 42 m	6h 37 m
Grupo control Grupo con síntomas de insomnio								

Fuente: Elaboración propia

En la fase de sueño profundo, aunque la mejora solo se evidencio en un estudiante, los tiempos registrados en los demás participantes se mantuvieron relativamente estables con respecto a la semana pre-exposcion. Si bien la intervención no produjo un aumento generalizado en la duración del sueño profundo en este grupo, tampoco afecta negativamente su estabilidad. Por otro lado, se logró mejorar el TTS en 3 de los 6 estudiantes, es decir el 50% de los participantes de este grupo. En la que más impacto tuvo fue en la estudiante con ID 22341217 en la que se aumentó un tiempo de 1 hora y 16 minutos en la semana de exposición.

Luego con el grupo con síntomas de insomnio se logró aumentar los tiempos de la fase REM en 5 de los 6 estudiantes, evidenciando un aumento en la duración de esta etapa crucial del descanso. En promedio, se registró una mejora de aproximadamente 18 minutos en este grupo, lo que podría traducirse un beneficio cognitivo y emocionales a largo plazo. De igual forma, viendo la comparación con los promedios obtenidos en la fase de sueño profundo en la etapa pre y durante, se observa nuevamente un aumento en la duración de los tiempos pasados en esta fase durante la exposición de la terapia con iluminación circadiana. Se ve

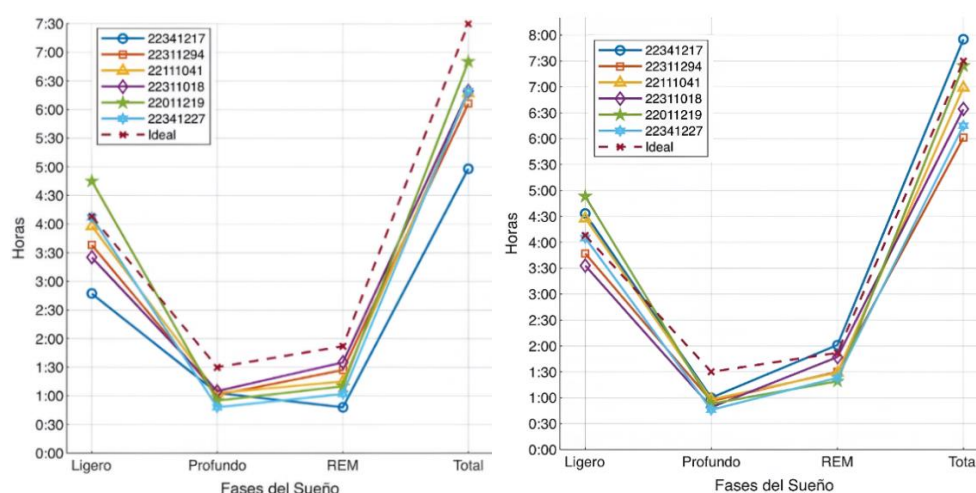
como el 100% de los estudiantes obtuvieron, aunque haya sido mínima, una mejoraría en esta etapa tan crucial para la renovación de energías física y mental. Se logró ver una mejora del promedio aproximadamente de 20 minutos.

En el tiempo total de sueño se observó cómo se logró aumentar los tiempos en 4 de los 6 estudiante en la etapa de exposición, habiendo un aumento en el TTS de 35 minutos en el tiempo promedio total de este grupo. Este resultado indica que la intervención si contribuyo en optimizar la cantidad de descanso nocturno en la mayoría de los participantes.

6.1.2 COMPARACIÓN PRE-EXPOSICIÓN VS. POST EXPOSICIÓN

A continuación, en la Ilustración 59, se presenta la comparación de los tiempos promedio del grupo control en las etapas de pre-exposición, representado en la gráfica izquierda y post-exposición, siendo la gráfica de la derecha. Se observa que antes de la intervención, si bien se ve que todos los participantes siguieron un cierto patrón, los valores se agruparon de manera más uniforme en la etapa post, mejorando aún más los tiempos y acercándose más a los valores ideales según la literatura. En la fase REM, los tiempos pre-exposición oscilaron entre los 48 y 1 hora 35 minutos, promediando un tiempo aproximado de 1 hora 12 minutos. En la etapa post-exposición, los tiempos aumentaron situándose entre 1 hora 19 minutos y 2 horas 1 minuto con un promedio de 1 hora 34 minutos. Este incremento en esta fase tan esencial representa una mejora de 22 minutos en promedio, con algunos participantes experimentando un aumento de hasta más de una hora en comparación a su estado previo.

Ilustración 59: Horas promedio pre-exposición vs post-exposición en grupo control



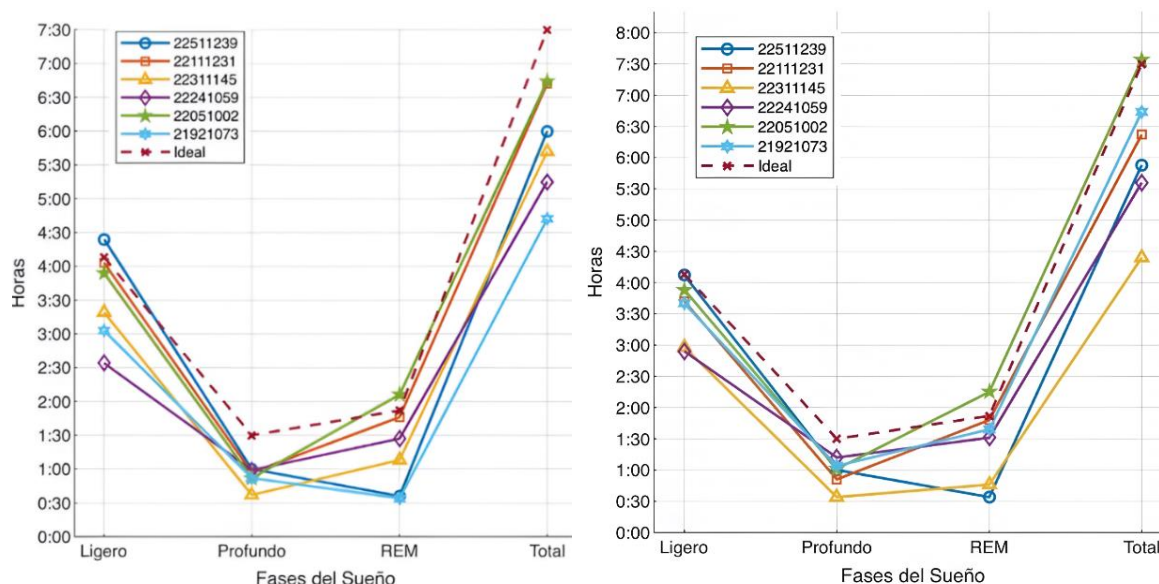
Fuente: Elaboración propia

Al comparar los tiempos registrados en el TTS pre y post a la terapia, se observa una mejora notable del descanso. Antes los tiempos variaron entre 4 horas y 6 horas 50 minutos, con un promedio aproximado de 6 horas 8 minutos. En cambio, en la semana post, los tiempos oscilaron entre 6 y 7 horas 55 minutos, con un promedio de 6 horas 48 minutos, teniendo un aumento en comparación al pre, de un aproximado de 40 minutos. Se vio un aumento significativo en la mayoría de los estudiantes, donde en algunos casos su incremento fue de casi 3 horas. Sin embargo, en el sueño profundo se vio una disminución de 5 minutos durante la semana de exposición.

Respecto al grupo con síntomas de insomnio, no se vio una clara mejora en la dispersión de los datos, ya que después de la exposición, durante esta semana hubieron estudiante, particularmente 2 de ellos, que indicaron tener mucha acumulación de trabajos y problemas familiares, lo que generó que hayan tenido un descanso inadecuado durante esta semana y no se vea una mejoría respecto a la semana pre-exposición sin embargo, antes de la terapia se tenía un promedio de tiempo pasado en el sueño profundo de aproximadamente 53 minutos, mientras que en la semana post un promedio de 58 minutos. Si bien este valor de queda por debajo de lo ideal y se consiguió un aumento de 5 minutos, es importante destacar que aún con la carga académica que supone la semana en la cual se hizo la post-exposición, se mejoró aumentar los tiempos del pre, en donde la exigencia académica era menor.

En la fase REM, la diferencia si fue un poco más notoria, en la cual en la semana pre-exposición se promedió un tiempo de 1 hora 4 minutos y en el post un promedio de 1 hora 25 minutos. Este incremento de 21 minutos representa una mejora significativa, acercándose nuevamente al rango ideal. Estos resultados indican que la exposición a la iluminación circadiana tuvo un efecto positivo en la extensión del tiempo registrando, reflejando sus efectos aun durante la semana después de la exposición. En comparación con el promedio de TTS obtenido en ambas etapas, se observó que una mejora de 15 minutos en la etapa post-exposición.

Ilustración 60: Horas promedio pre-exposición vs post-exposición en grupo con síntomas de insomnio

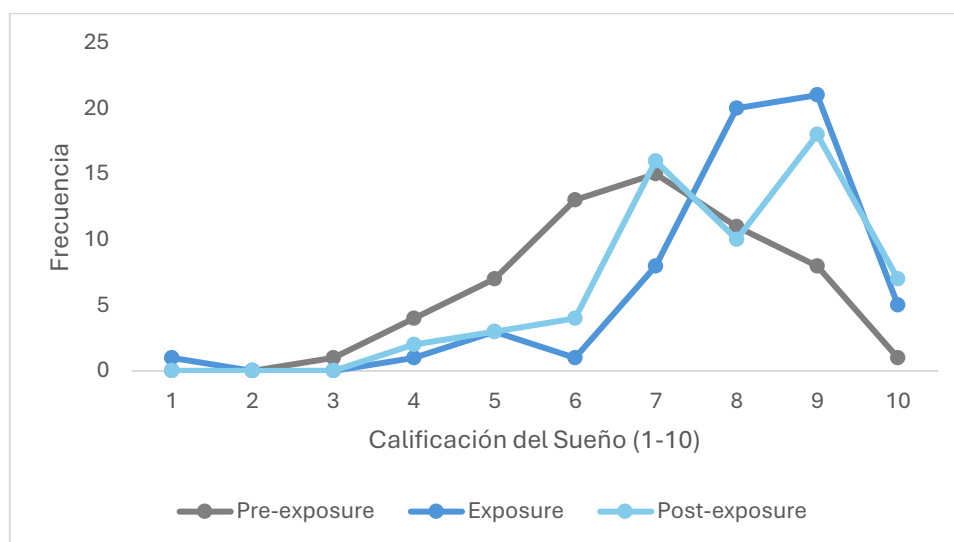


Fuente: Elaboración propia

6.1.3 EVALUACIÓN DEL DIARIO DEL SUEÑO EN LAS 3 ETAPAS

La Ilustración 61 muestra la calidad subjetiva del sueño percibida por los participantes en tres fases: la semana previa a la exposición, la semana en la que se aplicó la terapia y la semana post-exposición. Estos datos fueron registrados por los sujetos en sus diarios del sueño correspondientes a cada fase. Como se observa en la gráfica, los participantes reportaron una mejor calidad de sueño durante la semana en la que recibieron la terapia en comparación con las otras etapas del estudio. Obteniendo un promedio de 6.78 en la semana pre-exposición, 8.02 en la semana de exposición y 7.85 en la semana post-exposición a la iluminación. Esto resalta que intervenciones no farmacológicas como esta, pueden tener impacto en la sensación subjetiva de los estudiantes, al indicar haber dormido mejor y sentirse que verdaderamente han tenido un sueño reparador. El uso de iluminación circadiana influyó positivamente en el descansando nocturno, y se siguieron viendo sus efectos en semanas posteriores.

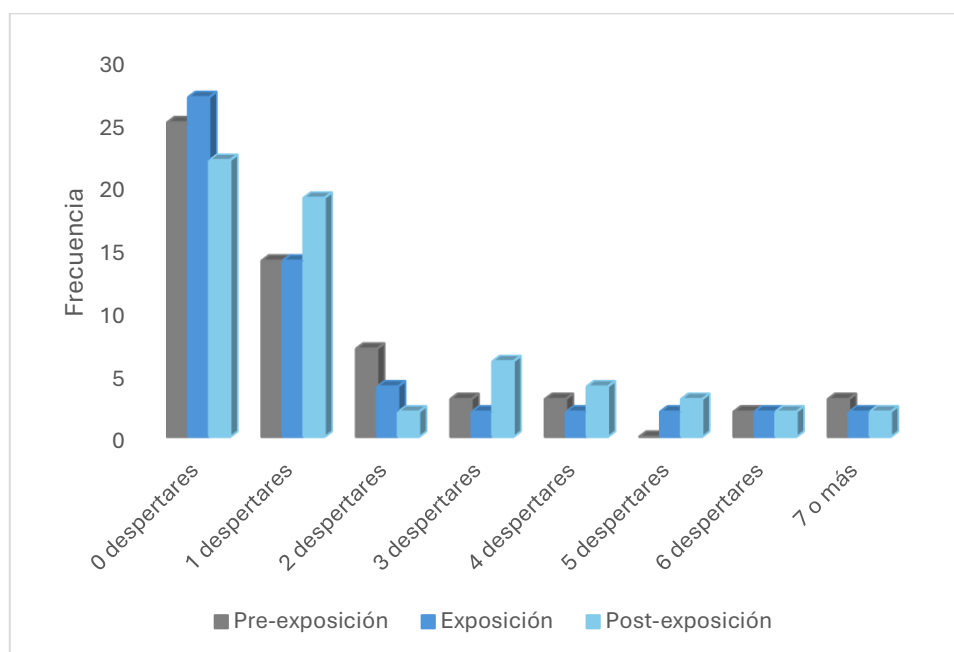
Ilustración 61: Comparación de la calidad del sueño durante las 3 etapas



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Ilustración 62, la mayor frecuencia de despertares se registró durante la semana previa a la aplicación de la terapia. Aunque en las semanas de exposición y post-exposición también se reportaron despertares en algunos estudiantes, la cantidad fue menor en comparación con la semana previa. Durante la exposición, se observó el mayor número de estudiantes que indicaron no haber tenido ningún despertar nocturno, lo que sugiere que la terapia contribuyó a mantener un sueño más estable a lo largo de la noche. Sin embargo, en la semana posterior, se evidenció un ligero aumento en la frecuencia de despertares. Es importante considerar que este incremento coincidió con una semana académicamente más exigente en la universidad, en la que varios participantes enfrentaban múltiples exámenes y proyectos, lo que podría haber influido en la calidad de su descanso.

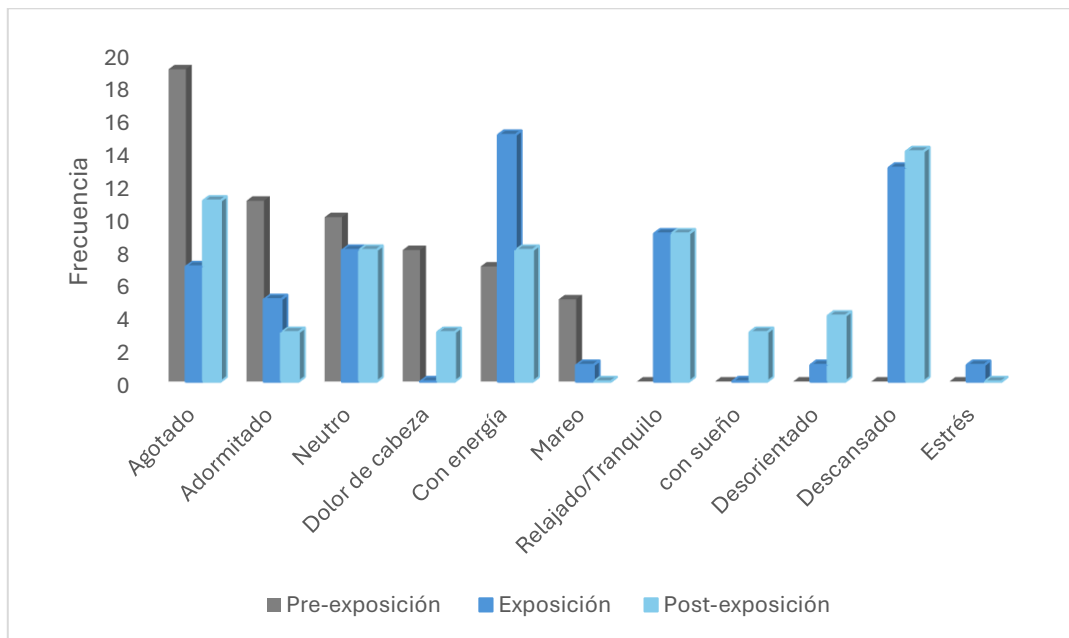
Ilustración 62: Comparación de despertares durante las 3 etapas



Fuente: Elaboración propia

Como muestra la Ilustración 63, las sensaciones al despertar variaron según la semana en que los participantes registraron su diario del sueño. Durante la semana previa a la exposición, la mayoría reportó despertarse con cansancio, somnolencia y, con frecuencia, síntomas como dolores de cabeza y mareos. En contraste, durante la semana de exposición, predominaron sensaciones más positivas, como sentirse con energía, descansados y tranquilos, además de una menor incidencia de mareos, fatiga y somnolencia evidenciando la mejoría en el descanso de los sujetos cuando fueron expuestos a la terapia de iluminación, donde aproximadamente más del 50% de los días evaluados indicaron haber sentido con energía y descansado. En la semana post-exposición, los efectos positivos se mantuvieron en varios participantes, quienes continuaron reportando sensaciones de descanso, relajación y tranquilidad al despertar.

Ilustración 63: Comparación de sensaciones al levantarse durante las 3 etapas



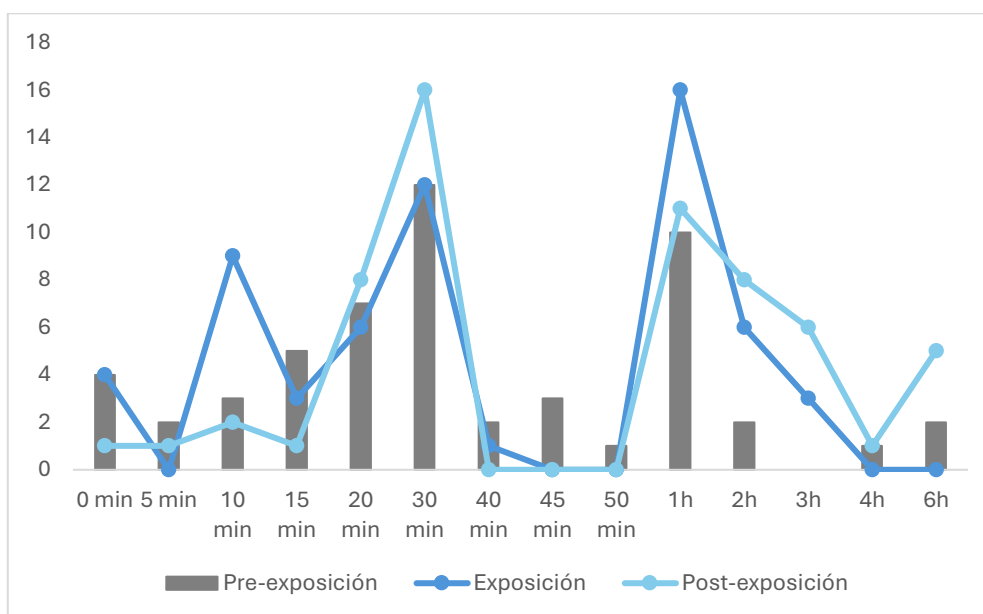
Fuente: Elaboración propia

La Ilustración 64 muestra que los hábitos de los participantes no influyeron en la mejora de su calidad de sueño, ya que uno de los principales factores asociados a la prevalencia del insomnio a nivel mundial, el tiempo de exposición a pantallas, no se redujo durante el estudio. No se les solicitó a los estudiantes modificar sus rutinas, pues esto habría puesto en duda la efectividad de la terapia.

El gráfico revela que, durante la semana de exposición y post-exposición, los participantes incluso aumentaron su tiempo en pantalla. Sin embargo, a pesar de este comportamiento, el monitoreo del sueño evidenció mejoras en el tiempo total de sueño (TTS), en ciertas fases del descanso, en la frecuencia de despertares y en la calidad percibida del sueño, así como en la sensación al despertar.

Estos hallazgos respaldan lo señalado por Díaz Falcón en su estudio, donde se menciona que las terapias cognitivo-conductuales (TCC) pueden ser menos efectivas cuando los pacientes realizan cambios en su estilo de vida. En el caso de la iluminación circadiana, a pesar de la persistencia de este mal hábito, los participantes experimentaron mejoras significativas en su descanso integral.

Ilustración 64: Comparación del tiempo en pantalla durante las 3 etapas



Fuente: Elaboración propia

VII. CONCLUSIONES

En esta sección se presentarán las conclusiones obtenidas en este estudio, las cuales se fundamentan en el análisis de los datos obtenidos a lo largo de las diferentes etapas del estudio.

7.1 CONCLUSIÓN GENERAL

La implementación de un sistema de iluminación circadiana basado en luces LED con longitud de onda larga demostró ser una estrategia viable para favorecer la calidad del sueño en personas con insomnio. A través del seguimiento de variables como las fases del sueño y el tiempo promedio en cada una de ellas durante las etapas pre, exposición y post intervención, fue posible identificar cambios significativos tras la aplicación del estímulo lumínico. Estos hallazgos respaldan el uso de iluminación circadiana como una alternativa complementaria a los enfoques tradicionales y abren la posibilidad de continuar investigando su aplicación en contextos clínicos y terapéuticos.

7.2 CONCLUSIONES PARCIALES

- Al analizar cada una de las etapas registradas en el diario del sueño, se observó cómo aquellas en las que la iluminación circadiana tuvo incidencia influyeron positivamente en la percepción subjetiva de la calidad del sueño. La mayoría de los participantes manifestaron mejoras en su descanso, evidenciadas en indicadores como la reducción en la cantidad de despertares durante la noche y una mejor sensación al despertar, destacando sentimientos de mayor energía y relajación al comenzar el día. Además, dentro de los comentarios recopilados, varios participantes expresaron que comenzaron a sentir sueño más temprano de lo habitual y, en un caso particular, una persona mencionó haber dejado de consumir un medicamento que inhibe la producción elevada de cortisol durante la semana de exposición, mostrando satisfacción por haber logrado una mejora significativa en su forma de descansar.
- Los cambios observados en los patrones de sueño de los participantes, registrados a través de smartwatches, indican que la iluminación circadiana tiene un impacto significativo en las fases del sueño. Los resultados mostraron aumentos en el tiempo de cada una de las fases, en especial en el grupo con síntomas de insomnio. El aumento en el Tiempo Total de Sueño (TTS) fue un indicador destacado en este trabajo. Su

aumento retrata la eficiencia de la terapia, a pesar de las limitaciones que la metodología supuso, entre las cuales se encuentran la facilidad de exposición de la muestra a la luz azul fuera de los horarios controlados, el estrés académico y la presencia de problemas familiares que pudieron haber influido en el descanso.

- Los resultados evidencian que el uso de la iluminación circadiana tiene un efecto positivo en el reloj biológico, demostrando su potencial como una herramienta eficaz y rentable dentro del tratamiento no farmacológico del insomnio. Los profesionales de la salud, basándose en su experiencia, señalaron que la terapia pudo haber generado mejores resultados si la exposición se hubiese prolongado por más días. Además, destacaron la facilidad de combinar esta terapia con otros tratamientos no farmacológicos y los buenos resultados que esta integración puede ofrecer. También compartieron otros tratamientos que utilizan la iluminación como recurso terapéutico para abordar diversas afecciones, tanto fisiológicas como psicológicas.

VIII. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta tanto las limitaciones como el potencial que la iluminación circadiana presenta en el ámbito de la investigación, se proponen las siguientes recomendaciones para futuros estudios que busquen profundizar en este tema.

- Empezando con las características del espacio donde se llevaron a cabo las pruebas, se recomienda implementar medidas adicionales de aislamiento de ruido para garantizar un entorno completamente silencioso. Una posible estrategia sería la instalación de paneles insonorizantes que minimicen la transmisión de ruidos externos. Durante la presente investigación, a pesar de que se solicitaba que se mantuviera silencio en el laboratorio, en algunas ocasiones fue posible percibir sonidos provenientes de los pasillos o el arrastre de sillas en el piso superior, lo que producía que la participante se despertara o le fuese más difícil conciliar el sueño de manera eficiente.
- En cuanto a la luz utilizada en el estudio, si bien es posible estimar el rango de longitud de onda en función del color emitido o de las especificaciones proporcionadas por el fabricante, sería recomendable validar estas características de manera precisa mediante el uso de un equipo especializado, como un espectrómetro, y asegurar que se esté trabajando bajo una longitud de onda adecuada. Esto podría realizarse adquiriendo directamente el equipo o contactando con alguna empresa privada o pública que tenga la disponibilidad de prestar este tipo de servicios y extender un certificado que detalle las especificaciones de la medición.
- Se recomienda también un estudio donde se utilice este tipo de iluminación pocos minutos antes de la hora de dormir, y evitar así que los efectos de la terapia se vean inhibidos por la iluminación azul de los pasillos de la universidad, tráfico, entre otros factores. Esto permitiría un análisis más detallado sobre el impacto de la iluminación circadiana en la conciliación del sueño, evaluando como influyó en la latencia del sueño y en la duración de cada una de las fases.
- En general, se recomienda un mayor control tanto de las condiciones del espacio como de los sujetos durante el estudio. Esto incluye estandarizar factores ambientales como la temperatura, la humedad, el nivel de ruido y la iluminación del entorno, así como controlar variables individuales de los participantes, tales como sus rutinas previas de

sueño, el uso de dispositivos electrónicos antes de dormir y la ingesta de sustancias que puedan afectar los patrones de sueño. De esta manera, se lograría que todos los estudiantes estén bajo las mismas condiciones, sin tener factores externos que afecten los resultados.

- Respecto a las formas de medición y recolección de datos, se recomienda complementar los análisis con la cuantificación de melatonina producida mediante pruebas de saliva o sangre, permitiendo evaluar los niveles hormonales antes, durante y después de la semana de exposición. Esto proporcionaría una validación fisiológica objetiva de los efectos de la terapia en la influencia de la producción de melatonina, más allá de los registros del diario, reloj y la percepción subjetiva de los participantes. Asimismo, resulta fundamental llevar a cabo una validación previa de las herramientas de medición utilizadas, para asegurar la precisión y la fiabilidad de los datos obtenidos, garantizando así una mayor solidez al estudio.
- Tras la realización de estudio se identificó que sería adecuado monitorizar el sueño de los participantes no solo durante el momento de irse a dormir a sus casas, sino también en aquellos momentos en el que se quedaban dormidos durante la exposición a la luz en el laboratorio. Para ello se recomienda que durante la exposición se mantengan el reloj puesto y listo para rastrear las fases del sueño y se registre la duración de la siesta en caso de que se duerman, para observar si se logró llegar a un sueño profundo y su duración.
- De igual forma, se recomienda extender el tamaño de la muestra y el tiempo del estudio. Ampliar el número de participantes permitirá obtener resultados más representativos, reduciendo el sesgo y mejorando la validez estadística de los hallazgos. Asimismo, aumentar la duración de los días de exposición y evaluar los efectos a largo plazo de la iluminación circadiana en la regulación de los ciclos sueño-vigilia permitirá validar aún más su uso como tratamiento no farmacológico para trastornos del sueño.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sejbuk, M., Mironczuk-Chodakowska, I., & Witkowska, A. M. (2022). Sleep Quality: A Narrative Review on Nutrition, Stimulants, and Physical Activity as Important Factors. *Nutrients*, 14(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/nu14091912>
2. Schrader, L. A., Ronnekleiv-Kelly, S. M., Hogenesch, J. B., Bradfield, C. A., & Malecki, K. M. C. (2024). Circadian disruption, clock genes, and metabolic health. *The Journal of Clinical Investigation*, 134(14). <https://doi.org/10.1172/JCI170998>
3. Tiseo, C., Vacca, A., Felbush, A., Filimonova, T., Gai, A., Glazyrina, T., Hubalek, I. A., Marchenko, Y., Overeem, L. H., Piroso, S., Tkachev, A., Martelletti, P., Sacco, S., & on behalf of the European Headache Federation School of Advanced Studies (EHF-SAS). (2020). Migraine and sleep disorders: A systematic review. *The Journal of Headache and Pain*, 21(1), 126. <https://doi.org/10.1186/s10194-020-01192-5>
4. Grandner, M. A., Kripke, D. F., Yoon, I.-Y., & Youngstedt, S. D. (2006). Criterion validity of the Pittsburgh Sleep Quality Index: Investigation in a non-clinical sample. *Sleep and Biological Rhythms*, 4(2), 129–136. <https://doi.org/10.1111/j.1479-8425.2006.00207.x>
5. Yoon, J., Heo, S.-J., Lee, H., Sul, E.-G., Han, T., & Kwon, Y.-J. (2024). Assessing the Feasibility and Efficacy of Pre-Sleep Dim Light Therapy for Adults with Insomnia: A Pilot Study. *Medicina*, 60(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/medicina60040632>
6. Contreras, A., & Pérez, C. (2021). Insomnio, en busca del tratamiento ideal: Fármacos y medidas no farmacológicas. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 32(5), 591–602. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2021.09.004>
7. Guadarrama-Ortiz, P., Ramírez-Aguilar, R., Madrid-Sánchez, A., Castillo-Rangel, C., Carrasco-Alcántara, D., & Aguilar-Roblero, R. (2014). Controladores del tiempo y el envejecimiento: Núcleo supraquiasmático y glándula pineal. *Int. j. morphol*, 409-414.
8. Ortiz, M. (2025, marzo 23). Qué es la higiene del sueño y por qué es importante para nuestra salud: Las pautas a seguir. *Diario ABC*. <https://www.abc.es/bienestar/higiene-sueno-importante-salud-pautas-seguir-20250323160620-nt.html>
9. Schluger, A. (2022, abril 12). Terapia cognitivo-conductual (TCC): Qué es y cómo ayuda. <https://www.helpguide.org/es/ansiedad/terapia-cognitivo-conductual-tcc-para-la-salud-mental>
10. Marín, P. (2018, septiembre 26). Qué es la Iluminación circadiana y cuáles son sus beneficios. <https://iluminet.com/que-es-iluminacion-circadiana/>
11. López de Castro, F., Fernández Rodríguez, O., Mareque Ortega, M. A., & Fernández Agüero, L. (2012). Abordaje terapéutico del insomnio. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 38(4), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2011.11.003>

12. Hernández, O. M., Martínez, O. M., & Izquierdo, Y. B. (s/f). Trastorno de insomnio. Consideraciones actuales. Recuperado el 6 de enero de 2025, de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=88143>
13. Chan, N. Y., Chan, J. W. Y., Li, S. X., & Wing, Y. K. (2021). Non-pharmacological Approaches for Management of Insomnia. *Neurotherapeutics*, 18(1), 32-43. <https://doi.org/10.1007/s13311-021-01029-2>
14. Caba, M., Valdez, P., Buijs, R. M., Ramírez Tule, C., García García, A., Aguilar Roblero, R., Chávez, J. L., Ángeles Castellanos, M., Vázquez Ruiz, S., Rojas Granados, A., Ubaldo, L., Escobar, C., Báez Ruiz, A., Carmona Alcocer, V., Méndez, I., Díaz Muñoz, M., Meza, E., Moreno, M. L., Salgado Delgado, R., ... Kriegsfeld, L. J. (2015). *Ritmos circadianos. De la célula al ser humano*. Universidad Veracruzana. <https://doi.org/10.25009/uv.1520.156>
15. Cox, K. H., & Takahashi, J. S. (2019). *Circadian clock genes and the transcriptional architecture of the clock mechanism*. <https://doi.org/10.1530/JME-19-0153>
16. Guan, D., & Lazar, M. A. (2021). Interconnections between circadian clocks and metabolism. *The Journal of Clinical Investigation*, 131(15). <https://doi.org/10.1172/JCI148278>
17. Duan, J., Greenberg, E. N., Karri, S. S., & Andersen, B. (2021). The circadian clock and diseases of the skin. *FEBS Letters*, 595(19), 2413–2436. <https://doi.org/10.1002/1873-3468.1419>
18. Huang, C., Zhang, C., Cao, Y., Li, J., & Bi, F. (2023). Major roles of the circadian clock in cancer. *Cancer Biology & Medicine*, 20(1), 1–24. <https://doi.org/10.20892/j.issn.2095-3941.2022.0474>
19. Stenvers, D. J., Scheer, F. A. J. L., Schrauwen, P., la Fleur, S. E., & Kalsbeek, A. (2019). Circadian clocks and insulin resistance. *Nature Reviews Endocrinology*, 15(2), 75–89. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0122-1>
20. Umbro, I., Fabiani, V., Fabiani, M., Angelico, F., & Del Ben, M. (2020). Association between non-alcoholic fatty liver disease and obstructive sleep apnea. *World Journal of Gastroenterology*, 26(20), 2669–2681. <https://doi.org/10.3748/wjg.v26.i20.2669>
21. Zhao J., Zhao X., Han C., Xiao K., Lu Z., Qin L., Xu D., & You H. (2024). Association between sleep disorders and different stages of nonalcoholic fatty liver disease. *Journal of Clinical Hepatology*, 1354–1359
22. Gaspar, L. S., Álvaro, A. R., Carmo-Silva, S., Mendes, A. F., Relógio, A., & Cavadas, C. (2019). The importance of determining circadian parameters in pharmacological studies. *British Journal of Pharmacology*, 176(16), 2827–2847.

23. Téllez, E. H., Rupp, R. F., Gaviria, V. G., Díaz, L. A., Vásquez, N. G., Duque, Y. A. H., Correa, E. P., Cardona, A. A. G., Londoño, D. E. V., Barrera, C. A. M., Montoya, C. M. B., Avalos, E. L. O., Gómez, O. B. R., Gaviria, A. N., Montoya, O. L., Holguín, J. P., & Bolívar, D. S. (2021). *Experiencias Esenciales sobre el Hábitat Contemporáneo.: Ser humano, Hábitat y Ambiente*. Editorial Bonaventuriano.
24. Lewis, L. D. (2021). The interconnected causes and consequences of sleep in the brain. *Science (New York, N.Y.)*, 374(6567), 564–568. <https://doi.org/10.1126/science.abi8375>
25. Vasey, C., McBride, J., & Penta, K. (2021). Circadian Rhythm Dysregulation and Restoration: The Role of Melatonin. *Nutrients*, 13(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/nu13103480>
26. Huang, L., Zhu, W., Li, N., Zhang, B., Dai, W., Li, S., & Xu, H. (2024). Functions and mechanisms of adenosine and its receptors in sleep regulation. *Sleep Medicine*, 115, 210–217. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.02.012>
27. Reichert, C. F., Deboer, T., & Landolt, H.-P. (2022). Adenosine, caffeine, and sleep–wake regulation: State of the science and perspectives. *Journal of Sleep Research*, 31(4), e13597. <https://doi.org/10.1111/jsr.13597>
28. Baur, D. M., Lange, D., Elmenhorst, E.-M., Elmenhorst, D., Bauer, A., Aeschbach, D., & Landolt, H.-P. (2021). Coffee effectively attenuates impaired attention in ADORA2A C/C-allele carriers during chronic sleep restriction. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 109, 110232. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2020.110232>
29. Esposito, S., Laino, D., D'Alonzo, R., Mencarelli, A., Di Genova, L., Fattorusso, A., Argentiero, A., & Mencaroni, E. (2019). Pediatric sleep disturbances and treatment with melatonin. *Journal of Translational Medicine*, 17(1), 77. <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1835-1>
30. Doherty, R., Madigan, S., Warrington, G., & Ellis, J. (2019). Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. *Nutrients*, 11(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/nu11040822>
31. Poza, J. J., Pujol, M., Ortega-Albás, J. J., & Romero, O. (2022). Melatonina en los trastornos de sueño. *Neurología*, 37(7), 575–585. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2018.08.002>
32. Zhao, M., Tuo, H., Wang, S., & Zhao, L. (2020). The Effects of Dietary Nutrition on Sleep and Sleep Disorders. *Mediators of Inflammation*, 2020(1), 3142874. <https://doi.org/10.1155/2020/3142874>
33. Moon, E., Kim, K., Partonen, T., & Linnaranta, O. (2022). Role of Melatonin in the Management of Sleep and Circadian Disorders in the Context of Psychiatric Illness.

Current Psychiatry Reports, 24(11), 623–634. <https://doi.org/10.1007/s11920-022-01369-6>

34. Sen, A., & Tai, X. Y. (2023). Sleep Duration and Executive Function in Adults. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 23(11), 801–813. <https://doi.org/10.1007/s11910-023-01309-8>
35. Sampasa-Kanyinga, H., Colman, I., Goldfield, G. S., Janssen, I., Wang, J., Podinich, I., Tremblay, M. S., Saunders, T. J., Sampson, M., & Chaput, J.-P. (2020). Combinations of physical activity, sedentary time, and sleep duration and their associations with depressive symptoms and other mental health problems in children and adolescents: A systematic review. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 17(1), 72. <https://doi.org/10.1186/s12966-020-00976-x>
36. Jaggard, J. B., Wang, G. X., & Mourrain, P. (2021). Non-REM and REM/paradoxical sleep dynamics across phylogeny. *Current Opinion in Neurobiology*, 71, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.conb.2021.08.004>
37. Patel, A. K., Reddy, V., Shumway, K. R., & Araujo, J. F. (2025). Physiology, Sleep Stages. In *StatPearls*. StatPearls Publishing. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK526132/>
38. Ackermann, S., & Rasch, B. (2014). Differential effects of non-REM and REM sleep on memory consolidation? *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 14(2), 430. <https://doi.org/10.1007/s11910-013-0430-8>
39. Barbato, G. (2021). REM Sleep: An Unknown Indicator of Sleep Quality. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/ijerph182412976>
40. Brodt, S., Inostroza, M., Niethard, N., & Born, J. (2023). Sleep—A brain-state serving systems memory consolidation. *Neuron*, 111(7), 1050–1075. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.03.005>
41. Gauld, C., Wakefield, J. C., & Micoulaud-Franchi, J.-A. (2025). Proposing a definition for sleep disorders: An epistemological review. *Sleep Medicine Reviews*, 79, 102028. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2024.102028>
42. Papatriantafyllou, E., Efthymiou, D., Zoumbaneas, E., Popescu, C. A., & Vassilopoulou, E. (2022). Sleep Deprivation: Effects on Weight Loss and Weight Loss Maintenance. *Nutrients*, 14(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/nu14081549>
43. Carrillo-Mora, P., Barajas-Martínez, K. G., Sánchez-Vázquez, I., & Rangel-Caballero, M. F. (2018). Trastornos del sueño: ¿qué son y cuáles son sus consecuencias? *Revista de la Facultad de Medicina (México)*, 61(1), 6–20.
44. Goldstein, C. A., Berry, R. B., Kent, D. T., Kristo, D. A., Seixas, A. A., Redline, S., Westover, M. B., Abbasi, -Feinberg Fariha, Aurora, R. N., Carden, K. A., Kirsch, D. B.,

- Malhotra, R. K., Martin, J. L., Olson, E. J., Ramar, K., Rosen, C. L., Rowley, J. A., & Shelgikar, A. V. (2020). Artificial intelligence in sleep medicine: An American Academy of Sleep Medicine position statement. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 16(4), 605–607. <https://doi.org/10.5664/jcsm.8288>
- 45.** Patil, S. P., Ayappa, I. A., Caples, S. M., Kimoff, R. J., Patel, S. R., & Harrod, C. G. (2019). Treatment of Adult Obstructive Sleep Apnea With Positive Airway Pressure: An American Academy of Sleep Medicine Systematic Review, Meta-Analysis, and GRADE Assessment. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 15(02), 301–334. <https://doi.org/10.5664/jcsm.7638>
- 46.** Sateia, M. J. (2014). International Classification of Sleep Disorders-Third Edition. *Chest*, 146(5), 1387–1394. <https://doi.org/10.1378/chest.14-0970>
- 47.** Miller, M. A., & Howarth, N. E. (2023). Sleep and cardiovascular disease. *Emerging Topics in Life Sciences*, 7(5), 457–466. <https://doi.org/10.1042/ETLS20230111>
- 48.** Cappuccio, F. P., & Miller, M. A. (2017). Sleep and Cardio-Metabolic Disease. *Current Cardiology Reports*, 19(11), 110. <https://doi.org/10.1007/s11886-017-0916-0>
- 49.** Arnaud, C., Bochaton, T., Pépin, J.-L., & Belaidi, E. (2020). Obstructive sleep apnoea and cardiovascular consequences: Pathophysiological mechanisms. *Archives of Cardiovascular Diseases*, 113(5), 350–358. <https://doi.org/10.1016/j.acvd.2020.01.003>
- 50.** Gylen, E., Anttalainen, U., & Saaresranta, T. (2014). Relationship between habitual sleep duration, obesity and depressive symptoms in patients with sleep apnoea. *Obesity Research & Clinical Practice*, 8(5), e459–e465. <https://doi.org/10.1016/j.orcp.2013.11.004>
- 51.** Liu, X., Xia, X., Hu, F., Hao, Q., Hou, L., Sun, X., Zhang, G., Yue, J., & Dong, B. (2022). The mediation role of sleep quality in the relationship between cognitive decline and depression. *BMC Geriatrics*, 22(1), 178. <https://doi.org/10.1186/s12877-022-02855-5>
- 52.** Fang, H., Tu, S., Sheng, J., & Shao, A. (2019). Depression in sleep disturbance: A review on a bidirectional relationship, mechanisms and treatment. *Journal of Cellular and Molecular Medicine*, 23(4), 2324–2332. <https://doi.org/10.1111/jcmm.14170>
- 53.** Jaqua, E. E., Hanna, M., Labib, W., Moore, C., & Matossian, V. (2022). Common Sleep Disorders Affecting Older Adults. *The Permanente Journal*, 27(1), 122–132. <https://doi.org/10.7812/TPP/22.114>
- 54.** Seow, L. S. E., Verma, S. K., Mok, Y. M., Kumar, S., Chang, S., Satghare, P., Hombali, A., Vaingankar, J., Chong, S. A., & Subramaniam, M. (s/f). Evaluating DSM-5 Insomnia Disorder and the Treatment of Sleep Problems in a Psychiatric Population. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 14(02), 237–244. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6942>

55. Spielman, A. J., Caruso, L. S., & Glovinsky, P. B. (1987). A Behavioral Perspective on Insomnia Treatment. *Psychiatric Clinics of North America*, 10(4), 541–553.
[https://doi.org/10.1016/S0193-953X\(18\)30532-X](https://doi.org/10.1016/S0193-953X(18)30532-X)
56. Han, E.-K., & Son, H. K. (2024). The Factors Affecting Sleep Quality in Community-Dwelling Older Adults, Based on Spielman's 3P Model of Insomnia. *Iranian Journal of Public Health*, 53(12), 2739–2748.
57. Quin, N., Tikotzky, L., Stafford, L., Fisher, J., & Bei, B. (2022). Preventing postpartum insomnia by targeting maternal versus infant sleep: A protocol for a randomized controlled trial (the Study for Mother-Infant Sleep "SMILE"). *SLEEP Advances*, 3(1), zpab020. <https://doi.org/10.1093/sleepadvances/zpab020>
58. Torrens, I., Argüelles-Vázquez, R., Lorente-Montalvo, P., Molero-Alfonso, C., & Esteva, M. (2019). Prevalencia de insomnio y características de la población insomne de una zona básica de salud de Mallorca (España). *Atencion Primaria*, 51(10), 617–625.
<https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.02.014>
59. Walker, J. L., Slavish, D. C., Dolan, M., Dietch, J. R., Wardle-Pinkston, S., Messman, B., Ruggero, C. J., Kohut, M., Borwick, J., Kelly, K., & Taylor, D. J. (2021). Age-dependent associations among insomnia, depression, and inflammation in nurses. *Psychology & Health*, 36(8), 967–984. <https://doi.org/10.1080/08870446.2020.1805450>
60. Jeon, J.-Y., Kim, K. T., Lee, S.-Y., Cho, Y. W., & the Sleep Epidemiology Committee of the Korean Sleep Research Society. (2023). Insomnia during coronavirus disease 2019 pandemic in Korea: A National sleep survey. *Sleep and Biological Rhythms*, 21(4), 431–438. <https://doi.org/10.1007/s41105-023-00464-2>
61. Höglund, P., Hakelind, C., & Nordin, S. (2020). Severity and prevalence of various types of mental ill-health in a general adult population: Age and sex differences. *BMC Psychiatry*, 20(1), 209. <https://doi.org/10.1186/s12888-020-02557-5>
62. Pajėdienė, E., Urbonavičiūtė, V., Ramanauskaitė, V., Strazdasas, L., & Stefani, A. (2024). Sex Differences in Insomnia and Circadian Rhythm Disorders: A Systematic Review. *Medicina*, 60(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/medicina60030474>
63. Wang, W.-L., Chen, K.-H., Pan, Y.-C., Yang, S.-N., & Chan, Y.-Y. (2020). The effect of yoga on sleep quality and insomnia in women with sleep problems: A systematic review and meta-analysis. *BMC Psychiatry*, 20(1), 195.
<https://doi.org/10.1186/s12888-020-02566-4>
64. Suh, S., Cho, N., & Zhang, J. (2018). Sex Differences in Insomnia: From Epidemiology and Etiology to Intervention. *Current Psychiatry Reports*, 20(9), 69.
<https://doi.org/10.1007/s11920-018-0940-9>

65. Gardani, M., Bradford, D. R. R., Russell, K., Allan, S., Beattie, L., Ellis, J. G., & Akram, U. (2022). A systematic review and meta-analysis of poor sleep, insomnia symptoms and stress in undergraduate students. *Sleep Medicine Reviews*, 61, 101565. <https://doi.org/10.1016/j.smr.2021.101565>
66. Liu, Z., Liu, R., Zhang, Y., Zhang, R., Liang, L., Wang, Y., Wei, Y., Zhu, R., & Wang, F. (2021). Association between perceived stress and depression among medical students during the outbreak of COVID-19: The mediating role of insomnia. *Journal of Affective Disorders*, 292, 89–94. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.05.028>
67. Średniawa, A., Drwiła, D., Krotos, A., Wojtaś, D., Kostecka, N., & Tomasik, T. (2019). Insomnia and the level of stress among students in Krakow, Poland. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 41(1), 60–68. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2017-0154>
68. Naha, S., Sivaraman, M., & Sahota, P. (2024). Insomnia: A Current Review. *Missouri Medicine*, 121(1), 44–51.
69. Puzino, K., Amatrudo, G., Sullivan, A., Vgontzas, A. N., & Fernandez-Mendoza, J. (2020). Clinical Significance and Cut-Off Scores for the Pre-Sleep Arousal Scale in Chronic Insomnia Disorder: A Replication in a Clinical Sample. *Behavioral Sleep Medicine*, 18(6), 705–718. <https://doi.org/10.1080/15402002.2019.1669604>
70. Van Someren, E. J. W. (2021). Brain mechanisms of insomnia: New perspectives on causes and consequences. *Physiological Reviews*, 101(3), 995–1046. <https://doi.org/10.1152/physrev.00046.2019>
71. Prados, G., Miró, E., Martínez, M. P., Sánchez, Ana. I., Lami, M. J., & Cáliz, R. (2020). Combined cognitive-behavioral therapy for fibromyalgia: Effects on polysomnographic parameters and perceived sleep quality. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, 20(3), 232–242. <https://doi.org/10.1016/j.ijchp.2020.04.002>
72. Spina, M.-A., Andrillon, T., Quin, N., Wiley, J. F., Rajaratnam, S. M. W., & Bei, B. (2023). Does providing feedback and guidance on sleep perceptions using sleep wearables improve insomnia? Findings from “Novel Insomnia Treatment Experiment”: a randomized controlled trial. *Sleep*, 46(9), zsad167. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsad167>
73. de Zambotti, M., Cellini, N., Goldstone, A., Colrain, I. M., & Baker, F. C. (2019). Wearable Sleep Technology in Clinical and Research Settings. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(7), 1538–1557. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001947>

- 74.** Kang, S.-G., Kang, J. M., Ko, K.-P., Park, S.-C., Mariani, S., & Weng, J. (2017). Validity of a commercial wearable sleep tracker in adult insomnia disorder patients and good sleepers. *Journal of Psychosomatic Research*, 97, 38–44.
<https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2017.03.009>
- 75.** Zhou, G., Zhao, W., Zhang, Y., Zhou, W., Yan, H., Wei, Y., Tang, Y., Zeng, Z., & Cheng, H. (2024). Comparison of OPPO Watch Sleep Analyzer and Polysomnography for Obstructive Sleep Apnea Screening. *Nature and Science of Sleep*, 16, 125–141.
<https://doi.org/10.2147/NSS.S438065>
- 76.** Roomkham, S., Hittle, M., Cheung, J., Lovell, D., Mignot, E., & Perrin, D. (2019). Sleep monitoring with the Apple Watch: Comparison to a clinically validated actigraph. *F1000Research*, 8, Article number: 754 1-19.
- 77.** López de Castro, F., Fernández Rodríguez, O., Mareque Ortega, M. A., & Fernández Agüero, L. (2012). Abordaje terapéutico del insomnio. *SEMERGEN - Medicina de Familia*, 38(4), 233–240. <https://doi.org/10.1016/j.semerg.2011.11.003>
- 78.** Chun, W., Chao, D., Qi, H., Dongliang, Z., Zhenmei, L., & Jia, L. (2021). Pharmacological and non-pharmacological treatments for insomnia: A protocol for a systematic review and network meta-analysis. *Medicine*, 100(31), e26678.
<https://doi.org/10.1097/MD.00000000000026678>
- 79.** Lie, J. D., Tu, K. N., Shen, D. D., & Wong, B. M. (2015). Pharmacological Treatment of Insomnia. *Pharmacy and Therapeutics*, 40(11), 759–771.
- 80.** Stege, G., Vos, P. J. E., van den Elshout, F. J. J., Richard Dekhuijzen, P. N., van de Ven, M. J. T., & Heijdra, Y. F. (2008). Sleep, hypnotics and chronic obstructive pulmonary disease. *Respiratory Medicine*, 102(6), 801–814.
<https://doi.org/10.1016/j.rmed.2007.12.026>
- 81.** Kukkonen, J. P., & Leonard, C. S. (2014). Orexin/hypocretin receptor signalling cascades. *British Journal of Pharmacology*, 171(2), 314–331.
<https://doi.org/10.1111/bph.12324>
- 82.** Kumar, A., Chanana, P., & Choudhary, S. (2016). Emerging role of orexin antagonists in insomnia therapeutics: An update on SORAs and DORAs. *Pharmacological Reports*, 68(2), 231–242. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2015.09.002>
- 83.** Mishima, K., Fujimoto, K., Endo, A., & Ishii, M. (2024). Safety and Efficacy of Lemborexant in Insomnia Patients: Results of a Postmarketing Observational Study of Dayvigo® Tablets. *Drugs in R&D*, 24(2), 211–226. <https://doi.org/10.1007/s40268-024-00462-w>

84. Moraes, W. A. dos S., Burke, P. R., Coutinho, P. L., Guilleminault, C., Bittencourt, A. G., Tufik, S., & Poyares, D. (2011). Sedative antidepressants and insomnia. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 33, 91–95. <https://doi.org/10.1590/S1516-44462011000100017>
85. Pagel, J. F., Pandi-Perumal, S. R., & Monti, J. M. (2018). Treating insomnia with medications. *Sleep Science and Practice*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.1186/s41606-018-0025-z>
86. Grigg, -Damberger Madeleine M., & Ianakieva, D. (2017). Poor Quality Control of Over-the-Counter Melatonin: What They Say Is Often Not What You Get. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 13(02), 163–165. <https://doi.org/10.5664/jcsm.6434>
87. Zisapel, N. (2018). New perspectives on the role of melatonin in human sleep, circadian rhythms and their regulation. *British Journal of Pharmacology*, 175(16), 3190–3199. <https://doi.org/10.1111/bph.14116>
88. Fatemeh, G., Sajjad, M., Niloufar, R., Neda, S., Leila, S., & Khadijeh, M. (2022). Effect of melatonin supplementation on sleep quality: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of Neurology*, 269(1), 205–216. <https://doi.org/10.1007/s00415-020-10381-w>
89. Noriega, R. B., Camporro, S. N., & Rodríguez, A. M. I. (2019). Enfermería y Tratamiento no Farmacológico para el Manejo del Insomnio. *Enfermería Global*, 18(2), Article 2. <https://doi.org/10.6018/eglobal.18.2.322311>
90. Díaz Falcón, M. del P. (2023). *Efectividad de la terapia cognitivo conductual para el tratamiento del insomnio: Una revisión sistemática*. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/32450>
91. Chung, K.-F., Lee, C.-T., Yeung, W.-F., Chan, M.-S., Chung, E. W.-Y., & Lin, W.-L. (2018). Sleep hygiene education as a treatment of insomnia: A systematic review and meta-analysis. *Family Practice*, 35(4), 365–375. <https://doi.org/10.1093/fampra/cmz122>
92. Tan, C., Wang, J., Lu, J., Yin, J., An, Y., Ye, J., Cao, G., & Qiu, J. (2024). The Limitations of Using the Pittsburgh Sleep Quality Index to Assess Athletes' Sleep Quality: Evidence from Reliability and Validity in Chinese Professional Athletes. *Psychology Research and Behavior Management*, 17, 2603–2617. <https://doi.org/10.2147/PRBM.S463289>
93. Papatsimpa, C., & Linnartz, J.-P. (2020). Personalized Office Lighting for Circadian Health and Improved Sleep. *Sensors*, 20(16), Article 16. <https://doi.org/10.3390/s20164569>
94. Ishizawa, M., Uchiumi, T., Takahata, M., Yamaki, M., & Sato, T. (2021). Effects of pre-bedtime blue-light exposure on ratio of deep sleep in healthy young men. *Sleep Medicine*, 84, 303–307. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2021.05.046>

95. Gabel, V., Maire, M., Reichert, C. F., Chellappa, S. L., Schmidt, C., Hommes, V., Viola, A. U., & Cajochen, C. (2013). Effects of Artificial Dawn and Morning Blue Light on Daytime Cognitive Performance, Well-being, Cortisol and Melatonin Levels. *Chronobiology International*, 30(8), 988–997.
<https://doi.org/10.3109/07420528.2013.793196>
96. Contreras, E., Nobleman, A. P., Robinson, P. R., & Schmidt, T. M. (2021). Melanopsin phototransduction: Beyond canonical cascades. *Journal of Experimental Biology*, 224(23), jeb226522. <https://doi.org/10.1242/jeb.226522>
97. Altenberg Vaz, N., & Inanici, M. (2021). Syncing with the Sky: Daylight-Driven Circadian Lighting Design. *LEUKOS*, 17(3), 291–309.
<https://doi.org/10.1080/15502724.2020.1785310>
98. te Kulve, M., Schlangen, L. J. M., & van Marken Lichtenbelt, W. D. (2019). Early evening light mitigates sleep compromising physiological and alerting responses to subsequent late evening light. *Scientific Reports*, 9(1), 16064.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-52352-w>
99. Moore-Ede, M., Blask, D. E., Cain, S. W., Heitmann, A., & Nelson, R. J. (2023). Lights should support circadian rhythms: Evidence-based scientific consensus. *Frontiers in Photonics*, 4. <https://doi.org/10.3389/fphot.2023.1272934>
100. Hafner, M., Romanelli, R., Yerushalmi, E., & Troxel, W. (2023). *The societal and economic burden of insomnia in adults: An international study*. RAND Corporation.
<https://doi.org/10.7249/RRA2166-1>
101. Fabbri, M., Beracci, A., Martoni, M., Meneo, D., Tonetti, L., & Natale, V. (2021). Measuring Subjective Sleep Quality: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031082>
102. Maldonado, L. N. S., Matute, D. M. P., & Galo, E. E. V. (2020). Calidad de sueño y somnolencia diurna en estudiantes de medicina y cirugía de una universidad de San Pedro Sula, Honduras. *Revista Médica de la Universidad de Costa Rica*, 14(1), Article 1.
<https://doi.org/10.15517/rmucr.v14i1.42002>
103. Ravichandran, R., Gupta, L., Singh, M., Nag, A., Thomas, J., & Panjiyar, B. K. (2023). The Interplay Between Sleep Disorders and Cardiovascular Diseases: A Systematic Review. *Cureus*, 15(9), e45898. <https://doi.org/10.7759/cureus.45898>
104. Dresch-Langley, B., & Hutt, A. (2022). Digital Addiction and Sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(11), Article 11.
<https://doi.org/10.3390/ijerph19116910>
105. Viresa. (2023, octubre 6). ¿Qué es y cómo funciona un luxómetro? | Viresa.
https://viresa.com.mx/blog_funcionamiento_luxometro

- 106.** Barrera, L., Rodríguez, M., Bond, R., Morales, M., & Encinas, D. (2023). Diseño de un oxímetro de pulso. XXVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC) (La Rioja, 3 al 6 de octubre de 2022). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/149426>
- 107.** Scott, A. S., Baltzan, M. A., & Wolkove, N. (2014). Examination of Pulse Oximetry Tracings to Detect Obstructive Sleep Apnea in Patients with Advanced Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Canadian Respiratory Journal*, 21(3), 948717. <https://doi.org/10.1155/2014/948717>
- 108.** El oxímetro de pulso y el COVID-19 | Universidad Anáhuac México. (2022, julio 11). <https://www.anahuac.mx/mexico/noticias/El-oximetro-de-pulso>
- 109.** Roth, T., Rosenberg, R., Morin, C. M., Yardley, J., Pinner, K., Perdomo, C., Atkins, N., Pappadopulos, E., Malhotra, M., & Moline, M. (2022). Impact of lemborexant treatment on insomnia severity: Analyses from a 12-month study of adults with insomnia disorder. *Sleep Medicine*, 90, 249–257. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2022.01.024>
- 110.** Fabres, L., & Moya, P. (2021). Sueño: Conceptos generales y su relación con la calidad de vida. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 32(5), 527-534. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2021.09.001>

Anexos

Ilustración 65: Montaje del recinto



Ilustración 65: Encuesta inicial a la facultad de ingeniería

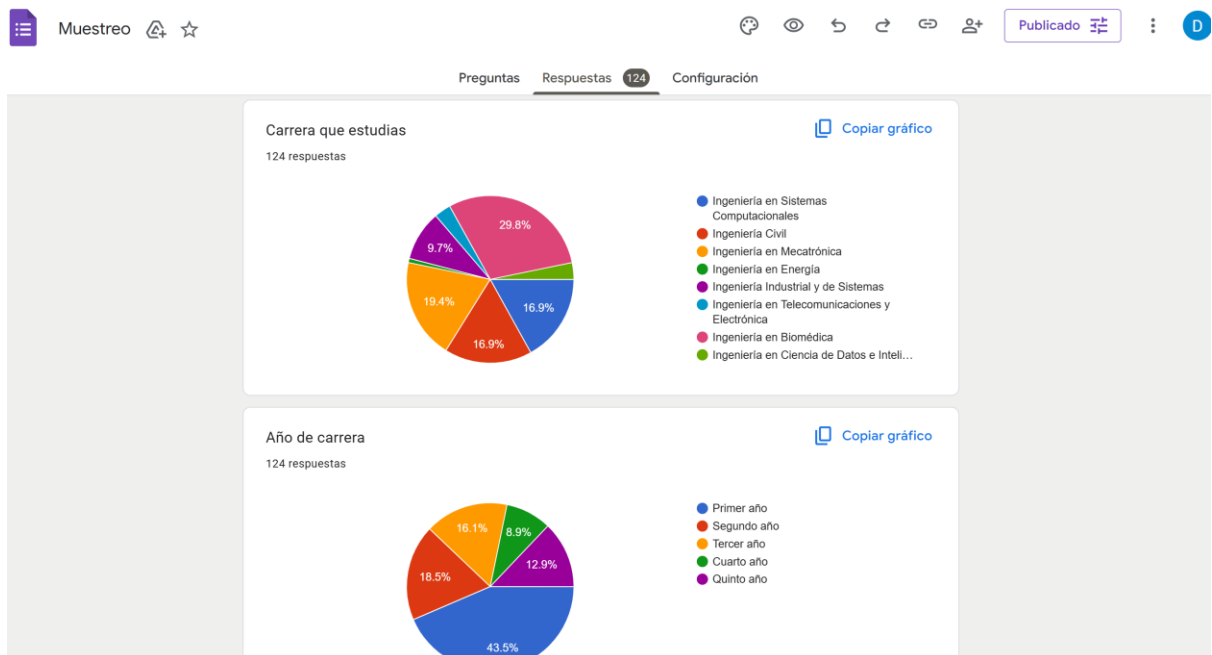


Ilustración 66: Carta de consentimiento



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPACIÓN EN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Yo, _____, con número de cuenta _____, por medio de la presente manifiesto mi consentimiento voluntario para participar en el proyecto de investigación titulado "*Análisis del uso de iluminación circadiana como estrategia para mitigar problemas de insomnio*", desarrollado por José Daniel Solís y David Uziel Zaldívar.

He sido informado de que este estudio tiene como objetivo analizar los efectos de la iluminación circadiana en la calidad del sueño. Durante mi participación, se recopilarán datos relacionados con mis hábitos de sueño, horas dormidas y nivel de descanso percibido antes, durante y después de la aplicación de la iluminación circadiana. Se llevarán a cabo mediciones periódicas con el fin de evaluar posibles mejoras en mi calidad de sueño y bienestar general.

Asimismo, entiendo que la investigación requiere mi asistencia a las sesiones programadas, las cuales han sido establecidas en un horario previamente acordado. Me comprometo a participar de manera responsable y puntual en cada una de las sesiones, ya que la validez y confiabilidad de los resultados dependen del cumplimiento de este protocolo. En caso de no poder asistir a alguna sesión por razones de fuerza mayor, me comprometo a notificarlo con la debida anticipación a los investigadores, entendiéndolo que la continuidad del estudio depende de mi compromiso con el mismo.

Se me ha garantizado que toda la información recopilada será utilizada exclusivamente con fines científicos y académicos. Mis datos personales se manejarán de manera confidencial, asegurando el anonimato de mi identidad y el resguardo de cualquier información sensible. Comprendo que los resultados del estudio podrán ser publicados o divulgados en medios científicos, pero en ningún caso se revelará información que permita identificarme directamente.

Declaro haber recibido una explicación detallada sobre los procedimientos, beneficios y posibles riesgos asociados a este estudio. He tenido la oportunidad de plantear mis dudas y todas han sido respondidas de manera clara y satisfactoria. Al firmar esta carta, manifiesto mi conformidad y autorización para participar en la investigación, comprendiendo plenamente el propósito del estudio, así como mis derechos y responsabilidades como participante.

Firma: _____

Fecha: _____

Tabla 16: Fases del sueño pre-exposición

FASES DEL SUEÑO						
ID DE ESTUDIANTE	DIA	LIGERO	PROFUNDO	REM	AWAKE	TTS
22341217	1	2h 37 min	1h 03 min	45 min	1h 22min	4h 25 min
	2	2h 09 min	43 min	16 min	14 min	3h 08 min
	3	2h 36 min	1h 21 min	1h 05 min	2h 23min	5h 02 min
	4	3h 12 min	55 min	1h 00 min	12 min	5h 07 min
	5	3h 24min	1h 14min	57 min	05 min	5h 35 min
22311294	1	4h 09 min	14 min	1h 25 min	00 min	5h 48 min
	2	3h 56 min	54 min	1h 27 min	01 min	6h 17 min
	3	4h 52 min	1h 45 min	1h 34 min	20 min	8h 11 min
	4	2h 08 min	1h 10 min	1h 15 min	01 min	4h 33 min
	5	3h 04 min	1h 01 min	1h 36 min	01 min	5h 42 min
22511239	1	3h 32 min	42 min	48 min	00 min	5h 02 min
	2	4h 02 min	1h 17 min	25 min	00 min	5h 44 min
	3	4h 22 min	1h 12 min	36 min	00 min	6h 10 min
	4	5h 47 min	54 min	37 min	00 min	7h 18 min
	5	4h 16 min	57 min	34 min	00 min	5h 47 min
22111041	1	3h 36 min	1h 19 min	1h 20 min	01 min	6h 15 min
	2	4h 47 min	1h 15 min	1h 42 min	34 min	7h 44 min
	3	3h 50 min	1h 12 min	1h 15 min	18 min	6h 17 min
	4	4h 05 min	51 min	46 min	04 min	5h 42 min
	5	3h 35 min	39 min	1h 14 min	02 min	5h 28 min
22011219	1	5h 07 min	48 min	52 min	03 min	6h 47 min
	2	5h 46 min	35 min	1h 26 min	00 min	7h 47 min
	3	4h 19 min	1h 28 min	1h 20 min	08 min	7h 07 min
	4	4h 25 min	52 min	57 min	05 min	6h 14 min
	5	4h 08 min	52 min	1h 16 min	1h 01 min	6h 16 min
22311018	1	3h 28 min	55 min	1h 57 min	13 min	6h 20 min
	2	4h 14 min	46 min	1h 43 min	19 min	6h 43 min
	3	3h 08 min	1h 21 min	1h 57 min	24 min	6h 26 min
	4	3h 44 min	1h 08 min	1h 23 min	17 min	6h 15 min
	5	2h 35 min	1h 17 min	55 min	51 min	4h 47 min
22111231	1	3h 09 min	1h 29 min	2h 04 min	03 min	6h 42 min
	2	4h 33 min	20 min	1h 26 min	05 min	6h 19 min
	3	2h 57 min	1h 07 min	1h 05 min	15 min	5h 09 min
	4	4h 13 min	1h 00 min	1h 45 min	22 min	6h 58 min
	5	5h 22 min	32 min	2h 32 min	7 min	8h 26 min
22311145	1	3h 58 min	27 min	1h 13 min	1h 11 min	5h 38 min
	2	4h 56 min	50 min	1h 20 min	49 min	7h 06 min
	3	3h 54 min	39 min	1h 29 min	29 min	6h 02 min
	4	2h 12 min	33 min	54 min	29 min	3h 39 min
	5	57 min	39 min	44 min	51 min	2h 20 min

22241059	1	2h 41 min	1h 15 min	1h 06 min	01 min	5h 02 min
	2	4h 02 min	1h 15 min	2h 12 min	03 min	7h 29 min
	3	2h 25 min	40 min	1h 29 min	09 min	4h 34 min
	4	2h 22 min	1h 12 min	1h 15 min	06 min	4h 49 min
	5	2h 44 min	56 min	1h 14 min	05 min	4h 54 min
22051002	1	4h 03 min	33 min	1h 57 min	15 min	6h 33 min
	2	4h 08 min	1h 04 min	2h 02 min	25 min	7h 14 min
	3	2h 47 min	1h 09 min	1h 15 min	27 min	5h 11 min
	4	4h 21 min	1h 17 min	2h 07 min	14 min	7h 45 min
	5	3h 51 min	37 min	2h 11 min	02 min	6h 39 min
22341227	1	2h 35 min	49 min	36 min	23 min	4 h 00 min
	2	5h 40 min	1h 01 min	56 min	1h 07 min	7h 37 min
	3	5h 32 min	45 min	1h 01 min	19 min	7h 18 min
	4	3h 41 min	58 min	1h 17 min	06 min	5h 56 min
	5	4h 15 min	29 min	1h 2 min	28 min	5h 46 min
21921073	1	2h 43 min	1h 05 min	52 min	13 min	4h 30 min
	2	3h 21 min	39 min	42 min	10 min	4h 42 min
	3	3h 00 min	1h 14 min	1h 20 min	00 min	5h 34 min
	4	2h 49 min	59 min	39 min	05 min	4h 27 min
	5	3h 15 min	41 min	19 min	08 min	4h 15 min

Ilustración 67: Diario del sueño pre-exposición

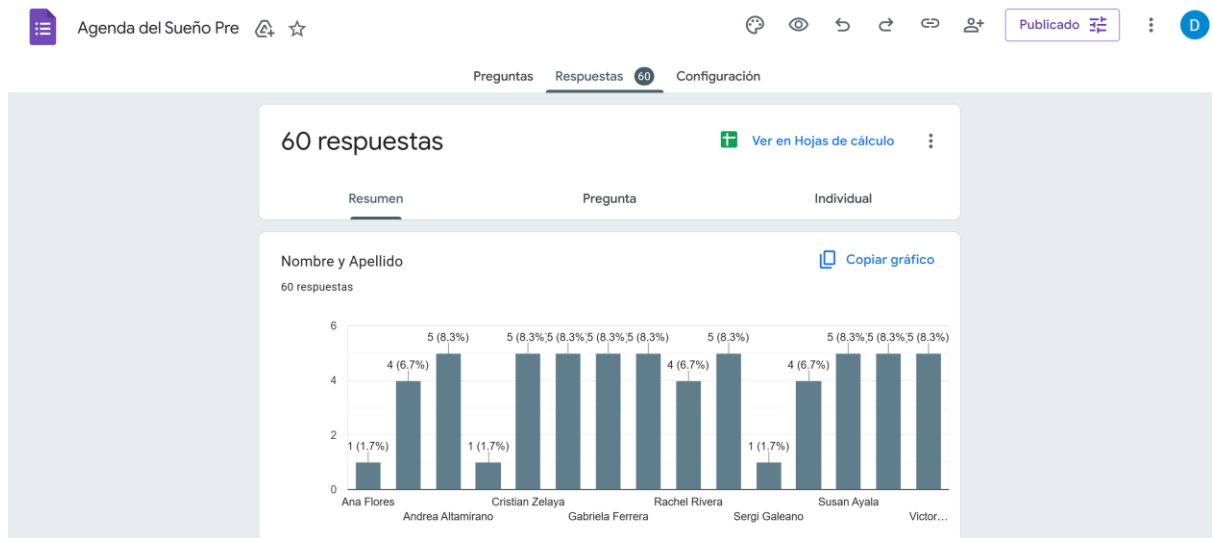


Tabla 17: Fases del sueño durante exposición

FASES DEL SUEÑO						
ID DE ESTUDIANTE	DIA	LIGERO	PROFUNDO	REM	AWAKE	TST
22341217	1	3h 13 min	59 min	1h 21 min	03 min	5h 33 min
	2	4h 50 min	1h 01 min	2h 04 min	12 min	7h 55 min
	3	3h 24 min	1h 08 min	1h 13 min	02 min	5h 45 min
	4	3h 39 min	58 min	1h 28 min	08 min	6h 05 min
	5	3h 45 min	37 min	58 min	34 min	5h 20 min
22311294	1	4h 54 min	1h 02 min	1h 29 min	07 min	7h 25 min
	2	3h 29 min	57 min	1h 24 min	13 min	5h 50 min
	3	3h 27 min	25 min	49 min	02 min	4h 43 min
	4	2h 49 min	46 min	1h 35 min	00 min	5h 10 min
	5	3h 07 min	50 min	1h 06 min	00 min	5h 03 min
22511239	1	3h 36 min	56 min	1h 19 min	00 min	6h 01 min
	2	3h 47 min	1h 09 min	47 min	00 min	5h 43 min
	3	2h 52 min	1h 34 min	48 min	00 min	5h 14 min
	4	2h 54 min	1h 21 min	33 min	00 min	4h 48 min
	5	4h 16 min	55 min	38 min	00 min	5h 49 min
22111041	1	4h 11 min	54 min	57 min	1h 07 min	6h 02 min
	2	6h 10 min	46 min	2h 24 min	1h 56 min	9h 20 min
	3	3h 03 min	59 min	1h 32 min	4h 12 min	5h 34 min
	4	3h 55 min	56 min	1h 00 min	08 min	5h 51 min
	5	3h 33 min	1h 23 min	1h 09 min	04 min	6h 05 min
22011219	1	4h 20 min	1h 07 min	1h 04 min	02 min	6h 31 min
	2	4h 31 min	1h 03 min	1h 36 min	02 min	7h 10 min
	3	3h 50 min	1h 01 min	1h 18 min	05 min	6h 09 min
	4	5h 10 min	1h 15 min	1h 30 min	08 min	7h 55 min
	5	4h 41 min	35 min	58 min	02 min	6h 14 min
22311018	1	3h 33 min	41 min	1h 41 min	26 min	5h 55 min
	2	3h 08 min	1h 01 min	2h 12 min	13 min	6h 21 min
	3	4h 15 min	1h 11 min	2h 15 min	14 min	7h 41 min
	4	4h 00 min	59 min	1h 56 min	19 min	6h 55 min
	5	2h 35 min	17 min	35 min	09 min	3h 27 min
22111231	1	2h 41 min	36 min	44 min	13 min	4h 01 min
	2	4h 19 min	1h 06 min	2h 22 min	13 min	7h 47 min
	3	2h 09 min	1h 18 min	1h 28 min	06 min	6h 44 min
	4	4h 56 min	1h 15 min	3h 18 min	09 min	9h 29 min
	5	3h 55 min	1h 03 min	1h 59 min	14 min	6h 57 min
22311145	1	2h 48 min	12 min	53 min	45 min	3h 53 min
	2	2h 29 min	49 min	50 min	24 min	4h 08 min
	3	3h 44 min	30 min	1h 00 min	29 min	5h 14 min
	4	5h 18 min	1h 52 min	1h 14 min	1h 24 min	8h 24 min
	5	4h 08 min	40 min	1h 15 min	44 min	6h 03 min

22241059	1	2h 06 min	1h 13 min	53 min	20 min	4h 12 min
	2	3h 50 min	1h 11 min	2h 35 min	11 min	7h 36 min
	3	1h 58 min	1h 01 min	35 min	03 min	3h 34 min
	4	1h 09 min	1h 22 min	50 min	00 min	3h 21 min
	5	2h 46 min	1h 07 min	1h 08 min	02 min	5h 01 min
22051002	1	4h 12 min	51 min	2h 07 min	34 min	7h 10 min
	2	5h 22 min	33 min	2h 23 min	57 min	8h 18 min
	3	4h 35 min	1h 00 min	2h 22 min	18 min	7h 57 min
	4	3h 35 min	1h 12 min	2h 25 min	02 min	7h 12 min
	5	4h 06 min	1h 01 min	2h 04 min	19 min	7h 11 min
22341227	1	5h 07 min	37 min	1h 36 min	25 min	7h 20 min
	2	2h 24 min	51 min	22 min	13 min	3h 37 min
	3	3h 24 min	47 min	43 min	25 min	4h 54 min
	4	4h 26 min	46 min	2h 13 min	07 min	7h 25 min
	5	3h 34 min	20 min	50 min	08 min	4h 44 min
21921073	1	3h 12 min	44 min	1h 30 min	08 min	5h 26 min
	2	3h 18 min	1h 03 min	2h 13 min	01 min	6h 34 min
	3	4h 35 min	51 min	2h 07 min	03 min	7h 33 min
	4	3h 35 min	1h 01 min	1h 01 min	29 min	5h 37 min
	5	2h 51 min	1h 37 min	1h 07 min	01 min	5h 35 min

Ilustración 68: Diario del sueño durante exposición

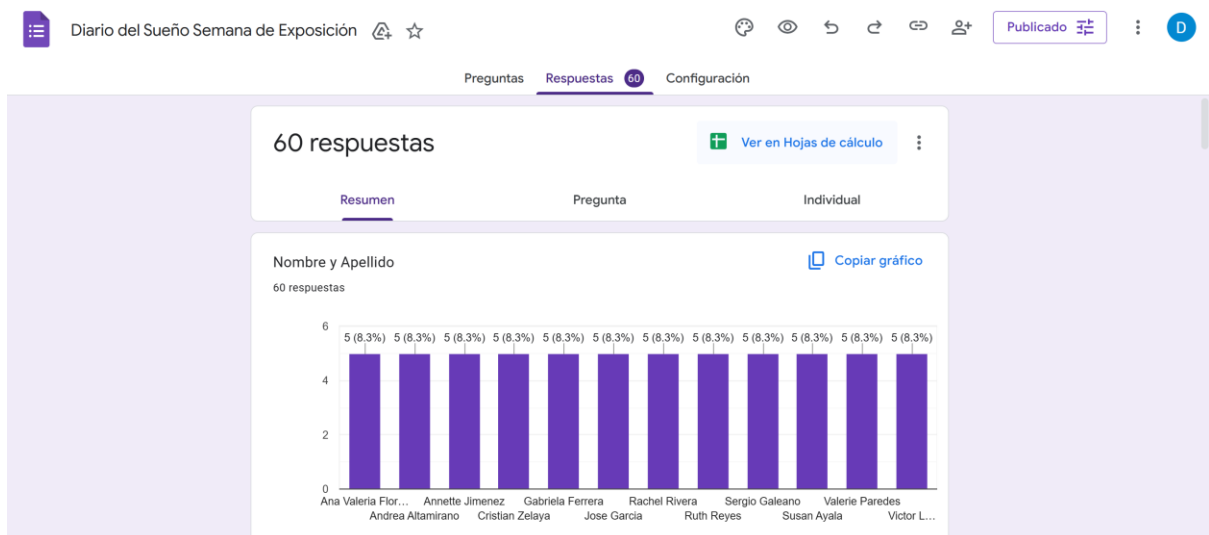


Tabla 18: Fases del sueño durante exposición

FASES DEL SUEÑO						
ID DE ESTUDIANTE	DIA	LIGERO	PROFUNDO	REM	AWAKE	TST
22341217	1	4h 45 min	1h 05 min	1h 42 min	21 min	7h 32 min
	2	3h 12 min	55 min	1h 11 min	03 min	5h 18 min
	3	4h 16 min	53 min	2h 03 min	06 min	7h 12 min
	4	5h 28 min	1h 01 min	2h 26 min	35 min	8 h 55 min
	5	5h 05 min	1h 06 min	2h 44 min	01 min	8h 55 min
22311294	1	3h 07 min	50 min	1h 06 min	00 min	5h 3 min
	2	2h 26 min	1h 01 min	1h 10 min	51 min	4h 37 min
	3	3h 01 min	50 min	1h 08 min	01 min	4h 59 min
	4	4h 49 min	56 min	2h 25 min	07 min	8h 00 min
	5	5h 13 min	50 min	1h 43 min	09 min	7h 46 min
22511239	1	3h 48 min	1h 22 min	45 min	00 min	5h 55min
	2	5h 02 min	1h 06 min	33 min	00 min	6h 41 min
	3	4h 51 min	39 min	32 min	00 min	6h 02 min
	4	3h 50 min	54 min	48 min	00 min	5h 32 min
	5	3h 06 min	40 min	15 min	00 min	4h 01 min
22111041	1	4h 23 min	44 min	1h 09 min	23 min	5h 55 min
	2	4h 37 min	58 min	1h 26 min	33 min	7h 01 min
	3	4h 09 min	1h 00 min	1h 37 min	03 min	6h 46 min
	4	4h 53 min	1h 06 min	1h 45 min	13 min	7h 44 min
	5	3h 19 min	1h 23 min	1h 48 min	02 min	6h 30 min
22011219	1	4h 07 min	26 min	1h 00 min	53 min	5h 33 min
	2	6h 10 min	50 min	1h 11 min	13 min	8h 11 min
	3	4h 41 min	54 min	1h 12 min	03 min	6h 47 min
	4	5h 10 min	1h 15 min	1h 30 min	08 min	7h 55 min
	5	4h 39 min	1h 13 min	1h 42 min	14 min	7h 34 min
22311018	1	3h 43 min	28 min	2h 11 min	15 min	6h 22 min
	2	3h 07 min	44 min	2h 12 min	21 min	6h 03 min
	3	3h 20 min	26 min	1h 19 min	13 min	5h 05 min
	4	3h 37 min	1h 04 min	2h 01 min	23 min	6h 42 min
	5	4h 00 min	1h 07 min	1h 53 min	26 min	7h 00 min
22111231	1	2h 41 min	36 min	44 min	57 min	4h 01 min
	2	3h 12 min	52 min	1h 13 min	32 min	5h 17 min
	3	3h 53 min	57 min	3h 00 min	20 min	7h 50 min
	4	4h 54 min	1h 06 min	2h 49 min	01 min	8h 49 min
	5	3h 53 min	45 min	1h 14 min	13 min	5h 52 min
22311145	1	4h 16 min	29 min	59 min	1h 10 min	5h 44 min
	2	3h 16 min	1h 07 min	57 min	19 min	5h 20 min
	3	3h 31 min	1h 09 min	1h 04 min	45 min	5h 44 min
	4	3h 11 min	05 min	29 min	1h 00 min	3h 45 min
	5	1h 58 min	10 min	27 min	10 min	2h 35 min

22241059	1	2h 55 min	1h 03 min	1h 17 min	04 min	5h 15 min
	2	3h 47 min	1h 01 min	2h 10 min	17 min	6h 58 min
	3	2h 40 min	1h 05 min	1h 05 min	02 min	4h 50 min
	4	2h 12 min	1h 09 min	1h 18 min	04 min	4h 39 min
	5	2h 59 min	1h 45 min	1h 48 min	32 min	6h 20 min
22051002	1	3h 53 min	58 min	2h 3 min	18 min	6h 54 min
	2	3h 36 min	59 min	3h 03 min	57 min	7h 38 min
	3	3h 20 min	1h 32 min	2h 06 min	19 min	6h 58 min
	4	3h 28 min	50 min	1h 42 min	24 min	6h 00 min
	5	4h 47 min	48 min	2h 43 min	22 min	8h 18 min
22341227	1	5h 47 min	54 min	1h 15 min	15 min	7h 56 min
	2	3h 45 min	19 min	1h 21 min	12 min	5h 25 min
	3	2h 44 min	1h 05 min	1h 21 min	13 min	5h 10 min
	4	3h 30 min	45 min	1h 20 min	10 min	5h 35 min
	5	4h 43 min	50 min	1h 40 min	13 min	7h 13 min
21921073	1	3h 22 min	1h 00 min	1h 38 min	00 min	6h 00 min
	2	4h 15 min	59 min	2h 14 min	08 min	7h 28 min
	3	3h 22 min	59 min	1h 20 min	00 min	5h 41 min
	4	2h 02 min	1h 07 min	51 min	01 min	4h 00 min
	5	3h 45 min	1h 05 min	1h 23 min	38 min	7h 56 min

Ilustración 69: Diario del sueño post-exposición

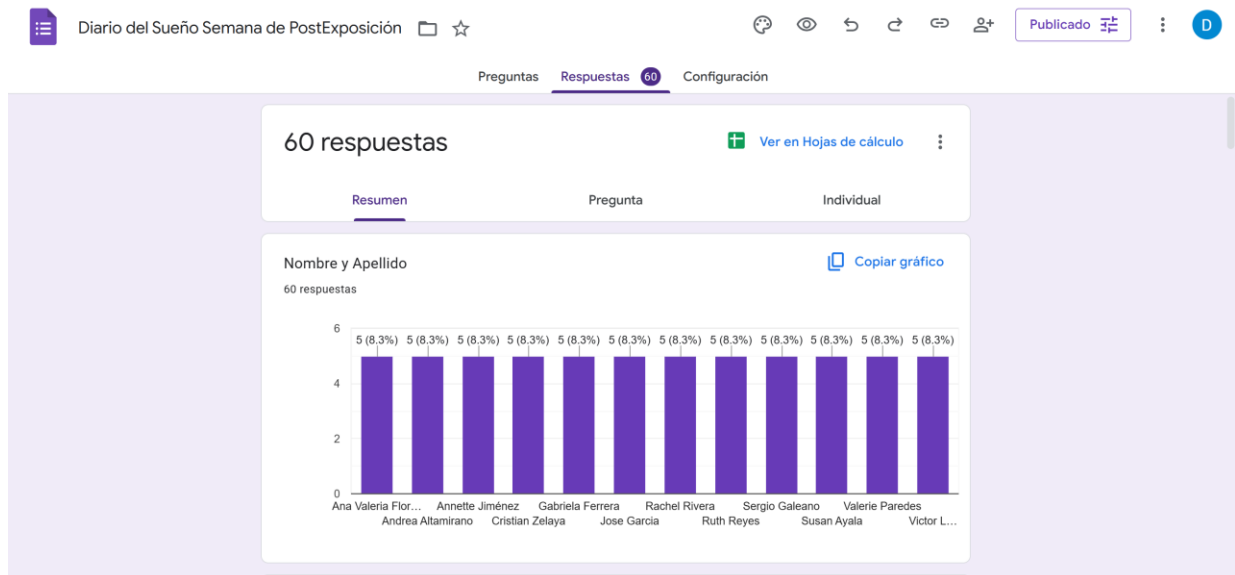


Ilustración 69: Encuesta de satisfacción



Ilustración 70: Cuestionario PSQI

Cuestionario de Pittsburg de Calidad de sueño.

Nombre:..... ID#.....Fecha:.....Edad:.....

Instrucciones:

Las siguientes cuestiones solo tienen que ver con sus hábitos de sueño durante el último mes. En sus respuestas debe reflejar cual ha sido su comportamiento durante la mayoría de los días y noches del pasado mes. Por favor, conteste a todas las cuestiones.

1.- Durante el último mes, ¿cuál ha sido, normalmente, su hora de acostarse?

2.- ¿Cuánto tiempo habrá tardado en dormirse, normalmente, las noches del último mes?
(Marque con una X la casilla correspondiente)

Menos de 15 min	Entre 16-30 min	Entre 31-60 min	Más de 60 min

3.- Durante el último mes, ¿a qué hora se ha levantado habitualmente por la mañana?

4.- ¿Cuántas horas calcula que habrá dormido verdaderamente cada noche durante el último mes?

5.- Durante el último mes, cuántas veces ha tenido usted problemas para dormir a causa de:

a) No poder conciliar el sueño en la primera media hora:

Ninguna vez en el último mes

☐

Menos de una vez a la semana

☐

Una o dos veces a la semana

☐

Tres o más veces a la semana

☐

b) Despertarse durante la noche o de madrugada:

Ninguna vez en el último mes

☐

Menos de una vez a la semana

☐

Una o dos veces a la semana

☐

Tres o más veces a la semana

☐

c) Tener que levantarse para ir al servicio:

Ninguna vez en el último mes

☐

Menos de una vez a la semana

☐

- | | | |
|----|----------------------------------|--------------------------|
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| d) | No poder respirar bien: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |
| | Menos de una vez a la semana | ☐ |
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| e) | Toser o roncar ruidosamente: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |
| | Menos de una vez a la semana | ☐ |
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| f) | Sentir frío: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |
| | Menos de una vez a la semana | ☐ |
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| g) | Sentir demasiado calor: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |
| | Menos de una vez a la semana | ☐ |
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| h) | Tener pesadillas o malos sueños: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |
| | Menos de una vez a la semana | ☐ |
| | Una o dos veces a la semana | ☐ |
| | Tres o más veces a la semana | ☐ |
| i) | Sufrir dolores: | |
| | Ninguna vez en el último mes | ☐ |

- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐
- j) Otras razones. Por favor descríbalas:
- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐
- 6) Durante el último mes, ¿cómo valoraría en conjunto, la calidad de su sueño?
- Muy buena ☐
- Bastante buena ☐
- Bastante mala ☐
- Muy mala ☐
- 7) Durante el último mes, ¿cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?
- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐
- 8) Durante el último mes, ¿cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía o desarrollaba alguna otra actividad?
- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐
- 9) Durante el último mes, ¿ha representado para usted mucho problema el tener ánimos para realizar alguna de las actividades detalladas en la pregunta anterior?
- Ningún problema ☐
- Sólo un leve problema ☐

Un problema



Un grave problema



10) ¿Duerme usted solo o acompañado?

Solo



Con alguien en otra habitación



En la misma habitación, pero en otra cama



En la misma cama



Ilustración 71: Cuestionario ISI

Índice de severidad del insomnio

El índice de gravedad del insomnio tiene siete preguntas. Las siete respuestas se suman para obtener una puntuación total. Cuando tenga su puntuación total, consulte las 'Pautas para la puntuación/interpretación' a continuación para ver dónde encaja su dificultad para dormir.

Para cada pregunta, encierre en un círculo el número que mejor describa su respuesta.
Califique la GRAVEDAD ACTUAL (es decir, LAS ÚLTIMAS 2 SEMANAS) de su(s) problema(s) de insomnio.

Problema de insomnio	Ninguno	Poco	Moderado	Severo	Muy severo
1 Dificultad para dormir	0	1	2	3	4
2 Dificultad para mantener el sueño	0	1	2	3	4
3 Me despierto muy temprano	0	1	2	3	4

4 ¿Qué tan satisfecho/insatisfecho estás con tu patrón de sueño actual?

Muy satisfecho	Satisfecho	Moderadamente satisfecho	Insatisfecho	Muy insatisfecho
0	1	2	3	4

5 ¿Qué tan NOTABLE para los demás cree que es su problema del sueño en términos de deterioro de su calidad de vida?

No es notable	Un poco notable	Moderadamente notable	Muy notable	Demasiado notable
0	1	2	3	4

6 ¿Qué tan PREOCUPADO/ANGUSTIADO está por su problema de sueño actual?

Para nada preocupado	Un poco preocupado	Moderadamente preocupado	Muy preocupado	Demasiado preocupado
0	1	2	3	4

7 ¿Hasta qué punto considera que su problema de sueño INTERFIERE con su funcionamiento diario (por ejemplo, fatiga durante el día, estado de ánimo, capacidad para funcionar en el trabajo/tareas diarias, concentración, memoria, estado de ánimo, etc.) ACTUALMENTE?

No interfiere	Interfiere un poco	Interfiere moderadamente	Interfiere mucho	Interfiere demasiado
0	1	2	3	4

Usado por cortesía de www.myhealth.va.gov con permiso de Charles M. Morin, Ph.D., Université Laval