



# 30

## SEMANA de la SALUD OCUPACIONAL

Reflexión, madurez y nuevos desafíos

Organiza:

**CSOA**  
CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

[www.corporacionsoa.co](http://www.corporacionsoa.co)

44° Congreso de Ergonomía, Higiene,  
Medicina y Seguridad Ocupacional.

Hotel Intercontinental Medellín - Colombia

6, 7 y 8 de noviembre de 2024

## ERROR HUMANO Y FATIGA: ESQUEMAS DE TURNOS Y RITMOS CIRCADIANOS.



Organiza:

**CSOA** CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL



## Ing. Yaniel Torres, Ph.D.



**Profesor e Investigador**  
**Facultad Nacional de Salud Pública**  
**Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia**



**Profesor Adjunto**  
**Departamento de Ingeniería Mecánica**  
**Laboratorio de Ingeniería de Factores Humanos**  
**École de technologie supérieure, Montreal, Canadá**

Organiza:

**CSOA** CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

**30**  
**SEMANA**  
de la  
**SALUD**  
**OCUPACIONAL**

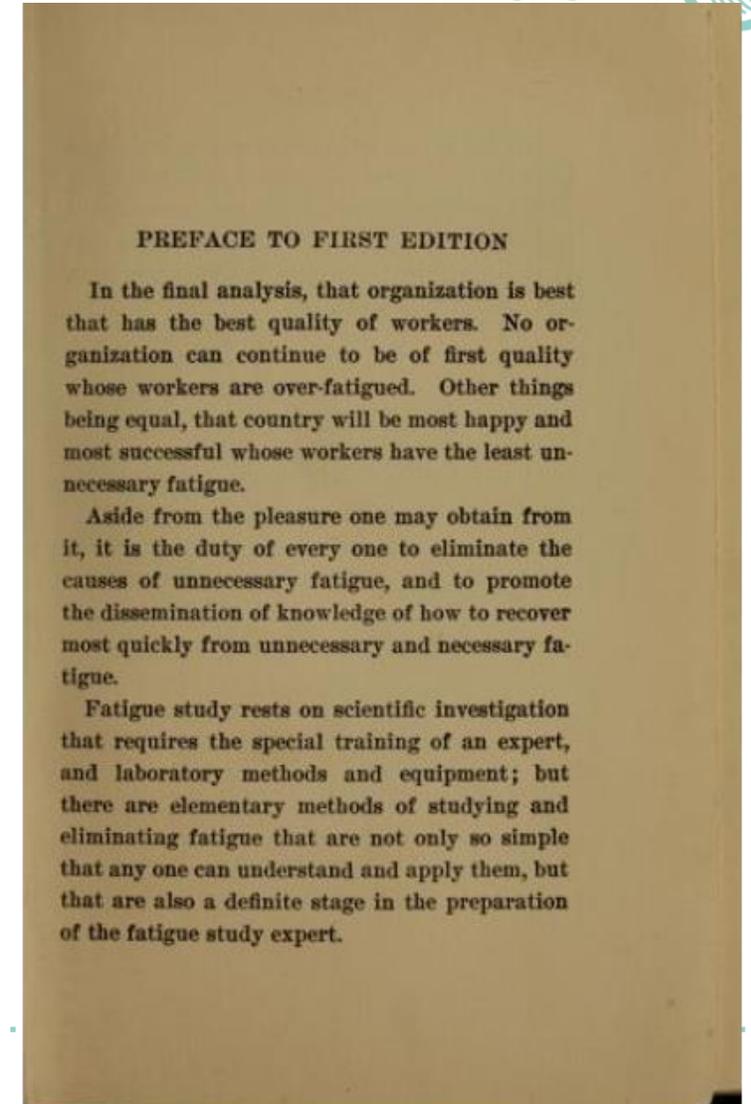
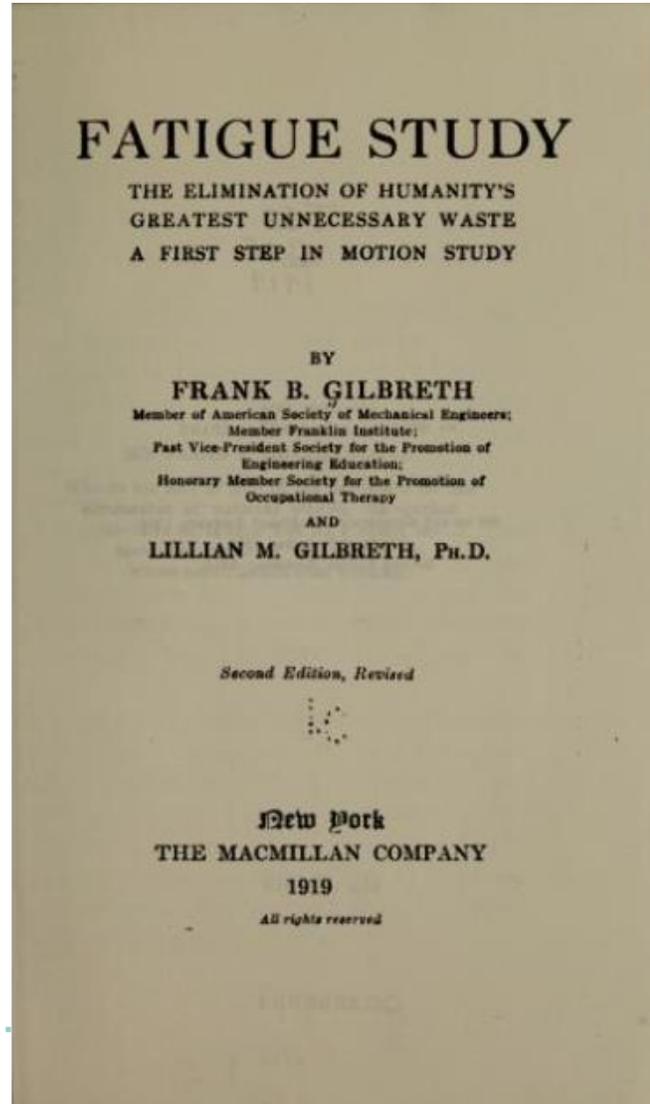


# INTRODUCCIÓN

## No es un tema nuevo

“Ninguna organización puede seguir siendo de primera calidad si sus trabajadores están excesivamente fatigados. En igualdad de condiciones, será más feliz y tendrá más éxito aquel país cuyos trabajadores se fatiguen menos de lo necesario.”

“(...) es deber de todos eliminar las causas de la fatiga innecesaria y promover la difusión del conocimiento de cómo recuperarse más rápidamente de la fatiga innecesaria y necesaria.”



# ACERCA DE LA FATIGA...

¿Es preocupante  
la situación?



Fuente: <https://aviationvoice.com>

# DEFINICIÓN DE FATIGA

*“Un impulso biológico para el descanso recuperativo” (Williamson et al, 2021).*

*“Condición fisiológica que se caracteriza por una disminución de las capacidades mentales o físicas del trabajador debido a factores cronobiológicos (falta de sueño, vigilia prolongada o ritmo circadiano) o a la carga de trabajo mental o física y que puede deteriorar el desempeño del trabajador al disminuir la capacidad de ejecutar una tarea de forma segura o la capacidad de alcanzar los resultados esperados en términos de calidad y productividad” (Torres et al, 2021).*

Definición adaptada de la Organización de la Aviación Civil Internacional (OACI).

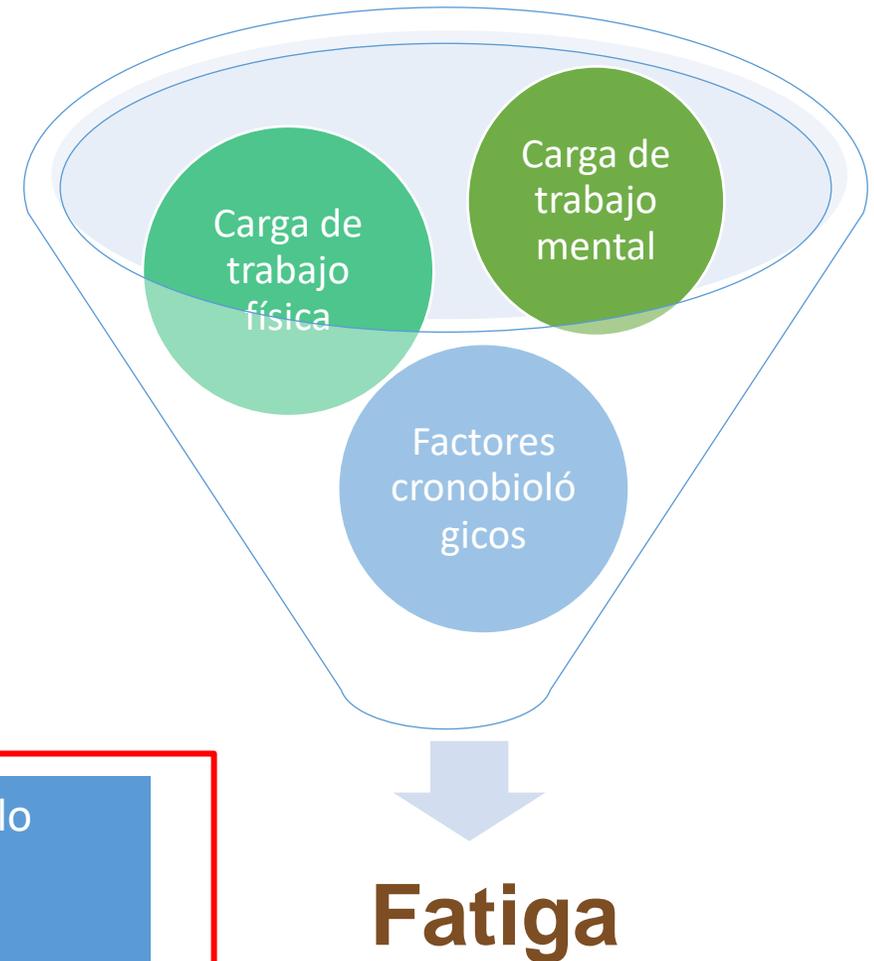


# ORIGEN DE LA FATIGA

**Carga de trabajo física:** grupo de factores que imponen demanda sobre el sistema motor del organismo durante la ejecución de una tarea. Sus dos componentes fundamentales son de origen biomecánico y de origen fisiológico según las características de la tarea.

**Carga de trabajo mental:** grupo de factores que imponen demanda en el sistema de procesamiento de información durante la ejecución de la tarea (atención, memoria, toma de decisiones, comprensión, razonamiento, percepción y resolución de problemas). Su medición es subjetiva.

**Factores cronobiológicos:** hacen referencia a los factores que influyen en el ciclo natural del organismo. Incluye las horas de vigilia, el trabajo nocturno y las fluctuaciones normales en el ciclo circadiano.



**Fatiga**

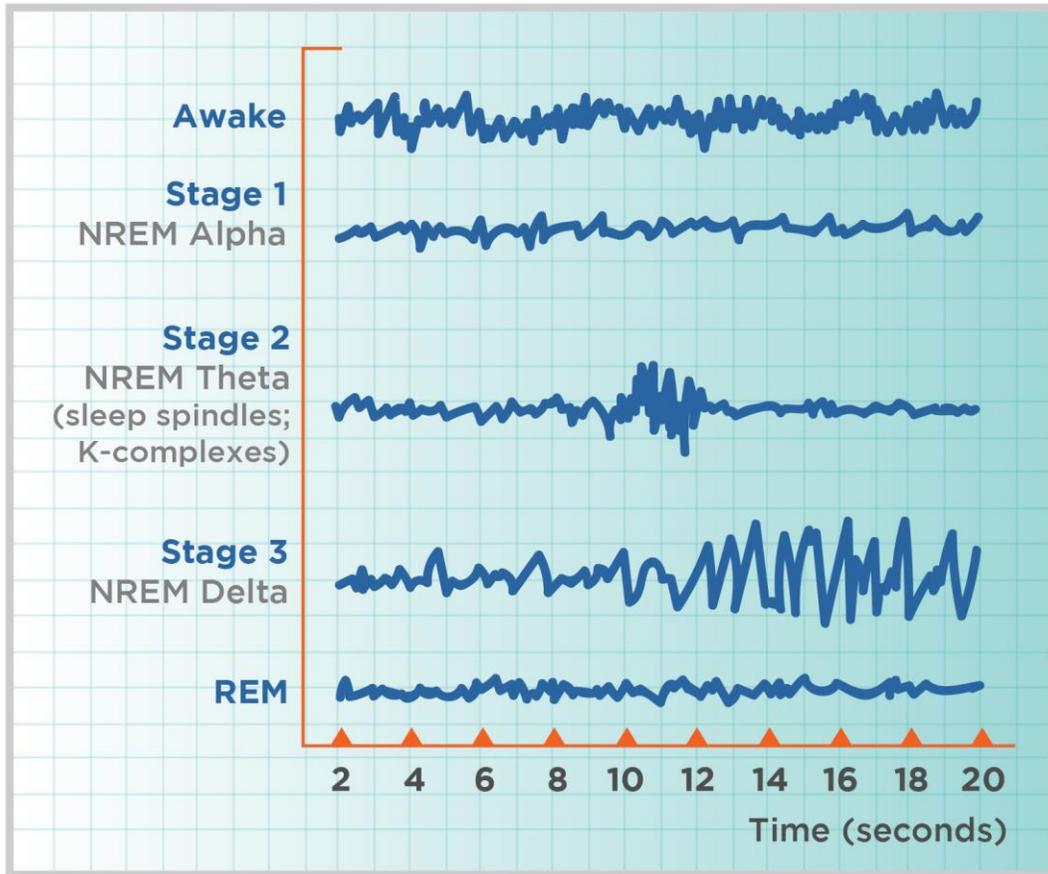
En ocasiones se tiende a confundir la fatiga con la somnolencia. Según *Lerman et al. (2012)* la somnolencia es la tendencia a dormirse, mientras que la fatiga es la respuesta del cuerpo a la falta de sueño o al esfuerzo físico o mental prolongado.

La tendencia a dormirse (somnolencia) puede ser un indicador de cansancio o fatiga o simplemente una manifestación normal del ritmo circadiano de somnolencia asociado al reloj biológico.



# FATIGA Y SOMNOLENCIA

## EEG RECORDINGS DURING SLEEP



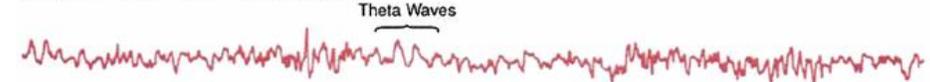
Awake – low voltage – random, fast



Drowsy – 8 to 12 cps – alpha waves



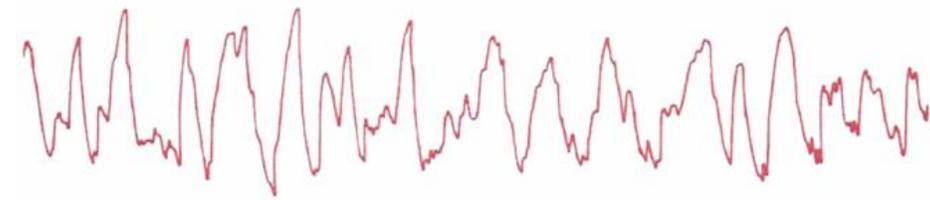
Stage 1 – 3 to 7 cps – theta waves



Stage 2 – 12 to 14 cps – sleep spindles and K complexes



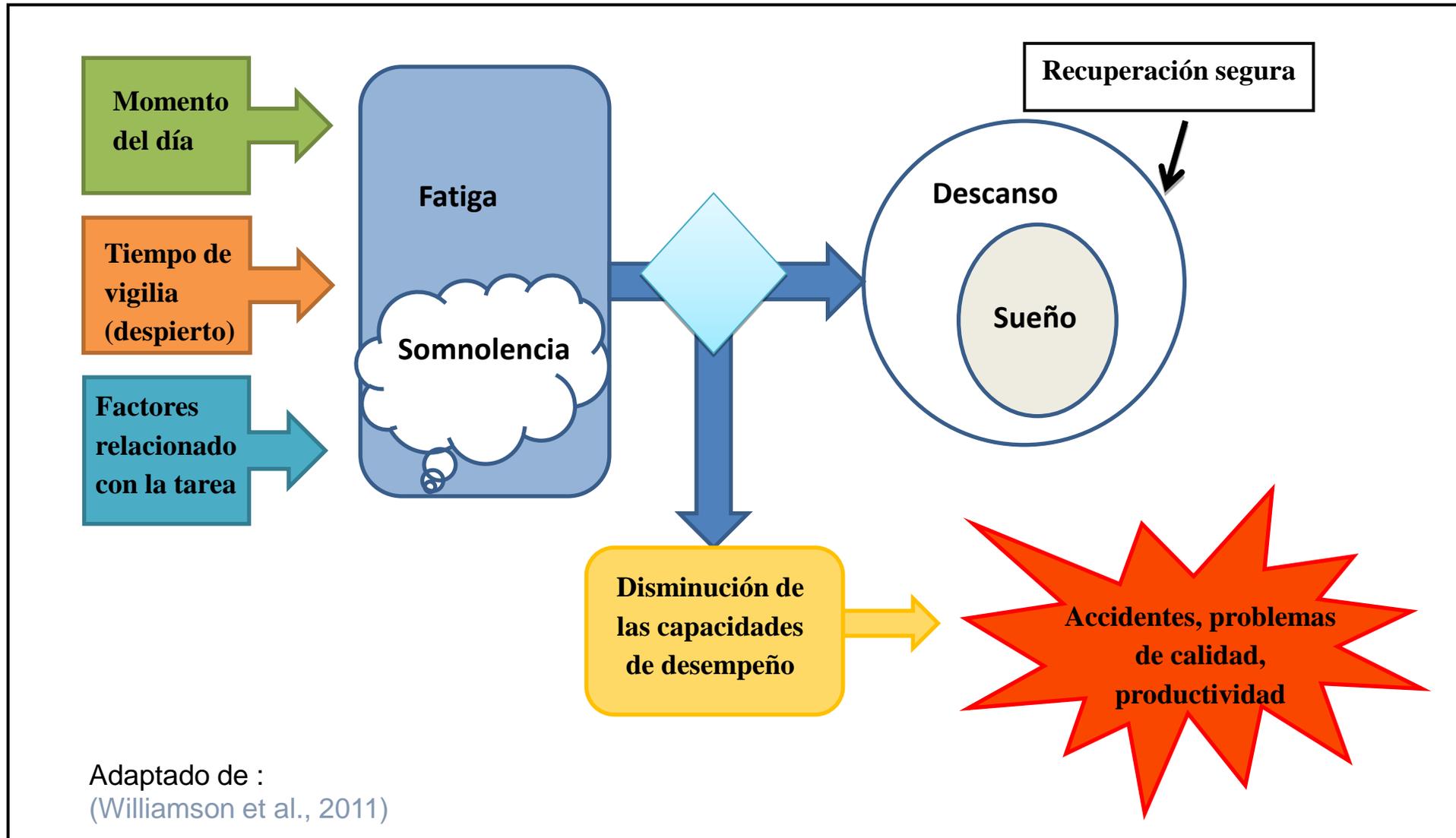
Delta Sleep – 1/2 to 2 cps – delta waves >75 μV



REM Sleep – low voltage – random, fast with sawtooth waves



# FATIGA Y SEGURIDAD



- El estudio comprobó que la fatiga mental se debe a la acumulación de **glutamato** en el córtex frontal del cerebro.
- Se demuestra adicionalmente que la fatiga mental reduce el control en la toma de decisiones favoreciendo comportamientos de poco esfuerzo con recompensa inmediata. La fatiga mental vuelve más impulsivos a los individuos.
- En términos de seguridad y ergonomía esto pudiera traducirse en una posible tendencia a cometer actos inseguros cuando los trabajadores están fatigados mentalmente, ya sean errores y en especial violaciones asociadas a la impulsividad.

Fuente: (Wiehle et al. 2022)

## Current Biology



Volume 32, Issue 16, 22 August 2022, Pages 3564-3575.e5

Article

### A neuro-metabolic account of why daylong cognitive work alters the control of economic decisions

Antonius Wiehler<sup>1,2,3,4,6,7,3</sup>  , Francesca Branzoli<sup>2,3</sup>, Isaac Adanyeguh<sup>3</sup>, Fanny Mochel<sup>3,5</sup>, Mathias Pessiglione<sup>1,2,3,4</sup>  

Show more 

+ Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.07.010>

[Get rights and content](#)

### Summary

Behavioral activities that require control over automatic routines typically feel effortful and result in cognitive fatigue. Beyond subjective report, cognitive fatigue has been conceived as an inflated cost of cognitive control, objectified by more impulsive decisions. However, the origins of such control cost inflation with cognitive work are heavily debated. Here, we suggest a neuro-metabolic account: the cost would relate to the necessity of recycling potentially toxic substances accumulated during cognitive control exertion. We validated this account using [magnetic resonance spectroscopy \(MRS\)](#) to monitor [brain](#) metabolites throughout an approximate workday, during which

# FATIGA CRONOBIOLOGICA

- También conocida como crono-fatiga.
- Es prevalente en trabajadores que se desempeñan en trabajos por turnos o en horarios atípicos.
- Su origen se asocia a perturbaciones en el sistema circadiano del organismo.
- La principal perturbación está dada por la pérdida de las horas normales de sueño en términos de cantidad, calidad y horario defesado.



## Cronobiología

La cronobiología es el estudio de los ritmos biológicos: cadenas oscilantes de acontecimientos que se repiten en una secuencia temporal regular y persisten en ausencia de estímulos ambientales.

(Postolache 2016)



Dormir



Hivernar

Organiza:

**CSOA** CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

**30**  
**SEMANA**  
de la  
**SALUD**  
**OCUPACIONAL**



# RITMOS CIRCADIANOS

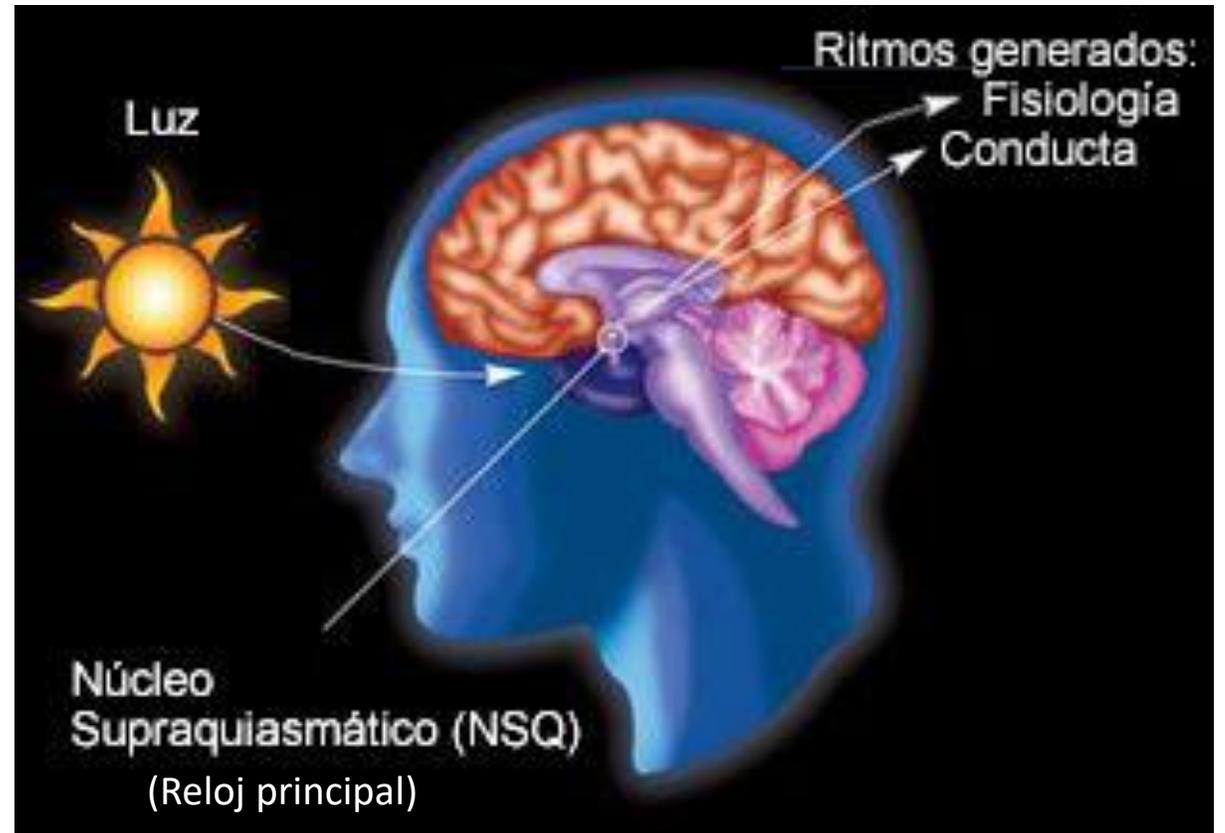
Los ritmos circadianos son cambios físicos, mentales y conductuales que siguen un ciclo diario de alrededor de 24h, y que responden principalmente a la luz y la oscuridad en el ambiente de un organismo. Dormir por la noche y estar despierto durante el día es un ejemplo de un ritmo circadiano relacionado con la luz (ciclo sueño-vigilia).

Los ritmos circadianos pueden influir en los ciclos de sueño-vigilia, la secreción hormonal, los hábitos alimentarios y la digestión, la temperatura corporal, y otras funciones importantes del cuerpo.



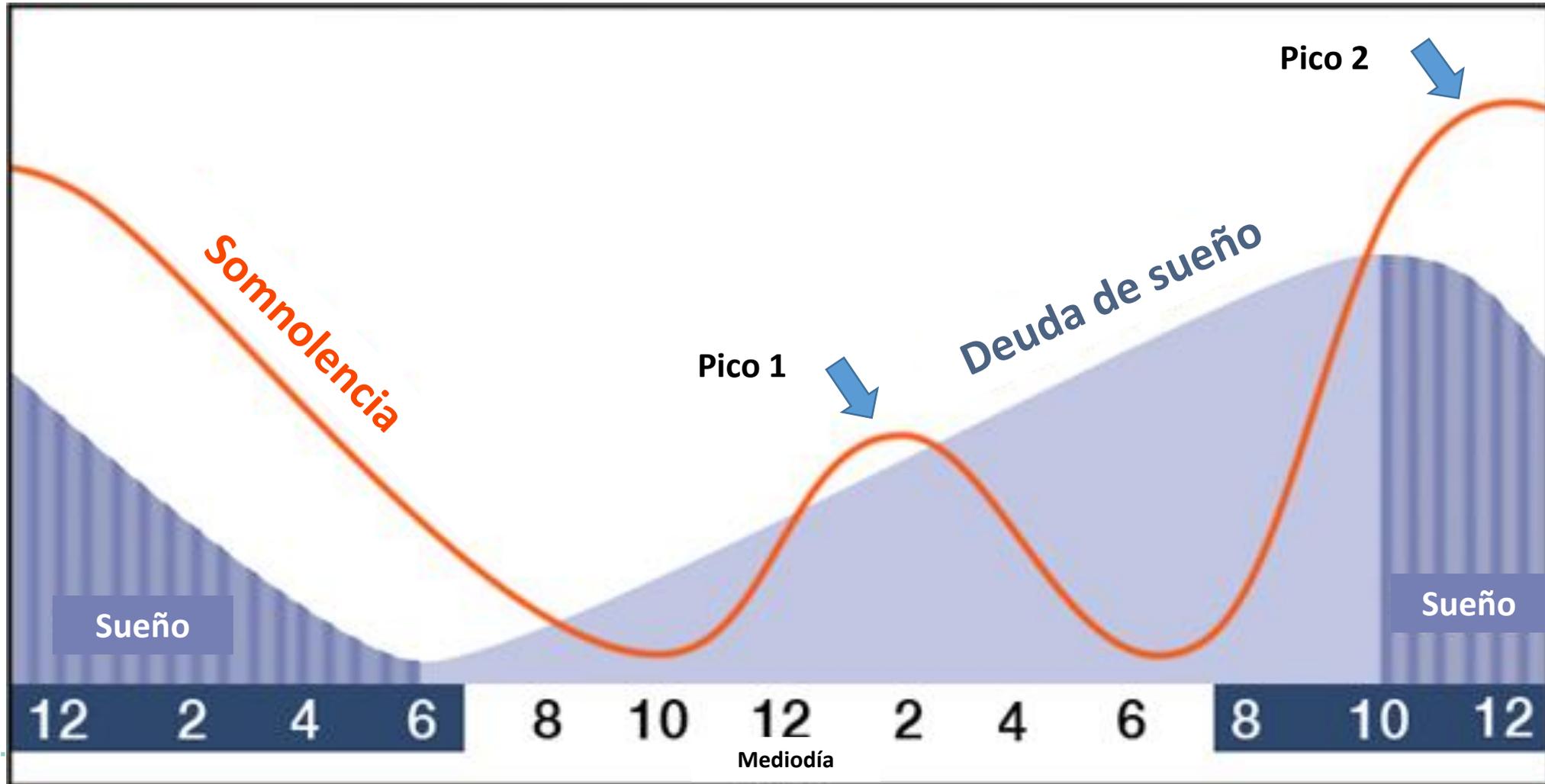
Diferentes sistemas del cuerpo humano siguen ritmos circadianos que están sincronizados con el reloj principal del cerebro directamente influenciado por la luz solar: Núcleo Supraquiasmático (NSQ).

- El ciclo de sueño y vigilia.
- La regulación de la temperatura corporal.
- La producción de hormonas como el cortisol y la melatonina.
- Los patrones de alimentación y digestión

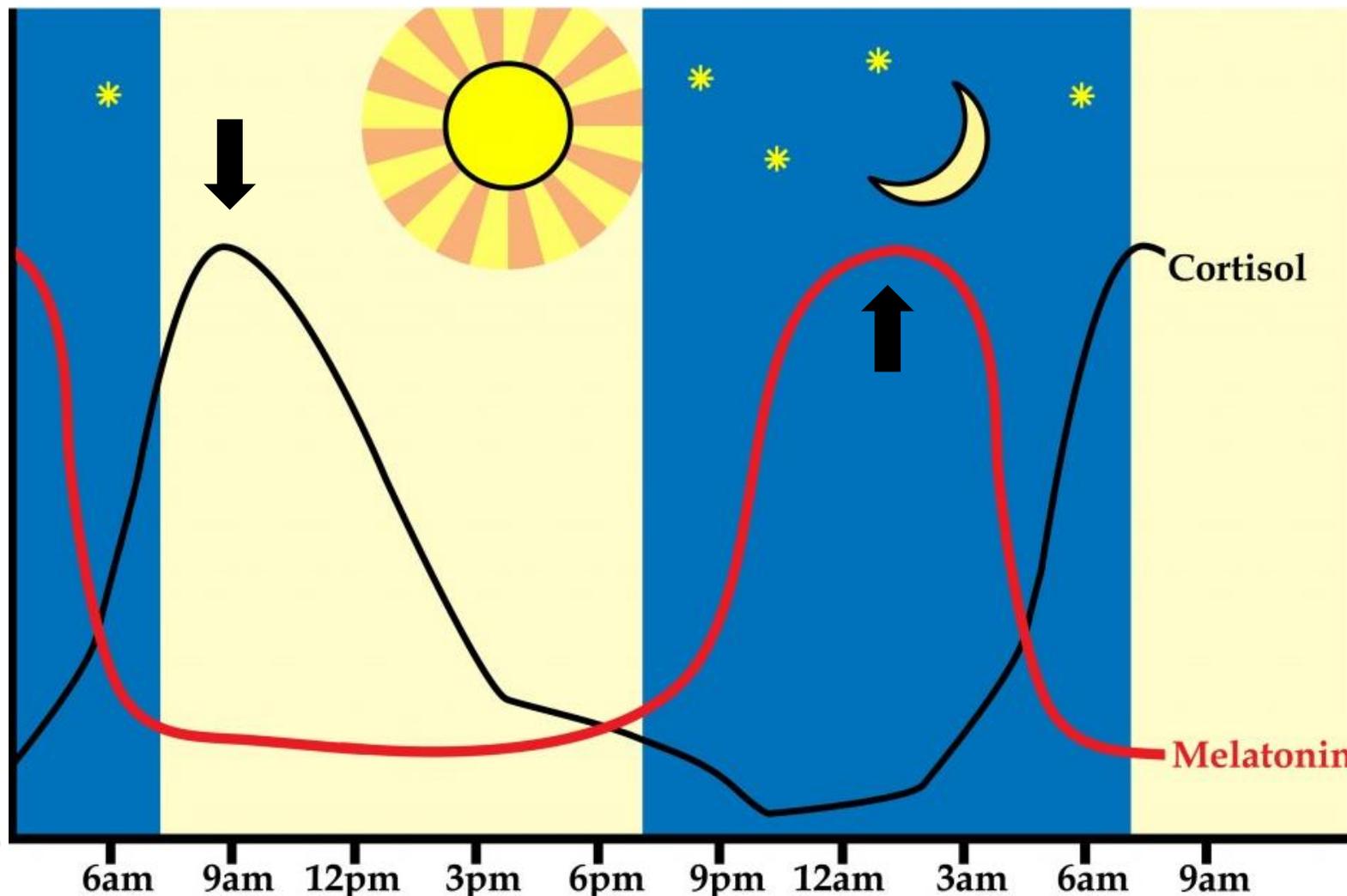


Fuente: [National Institute of Health, USA](#)

# RITMOS CIRCADIANOS



# RITMOS CIRCADIANOS



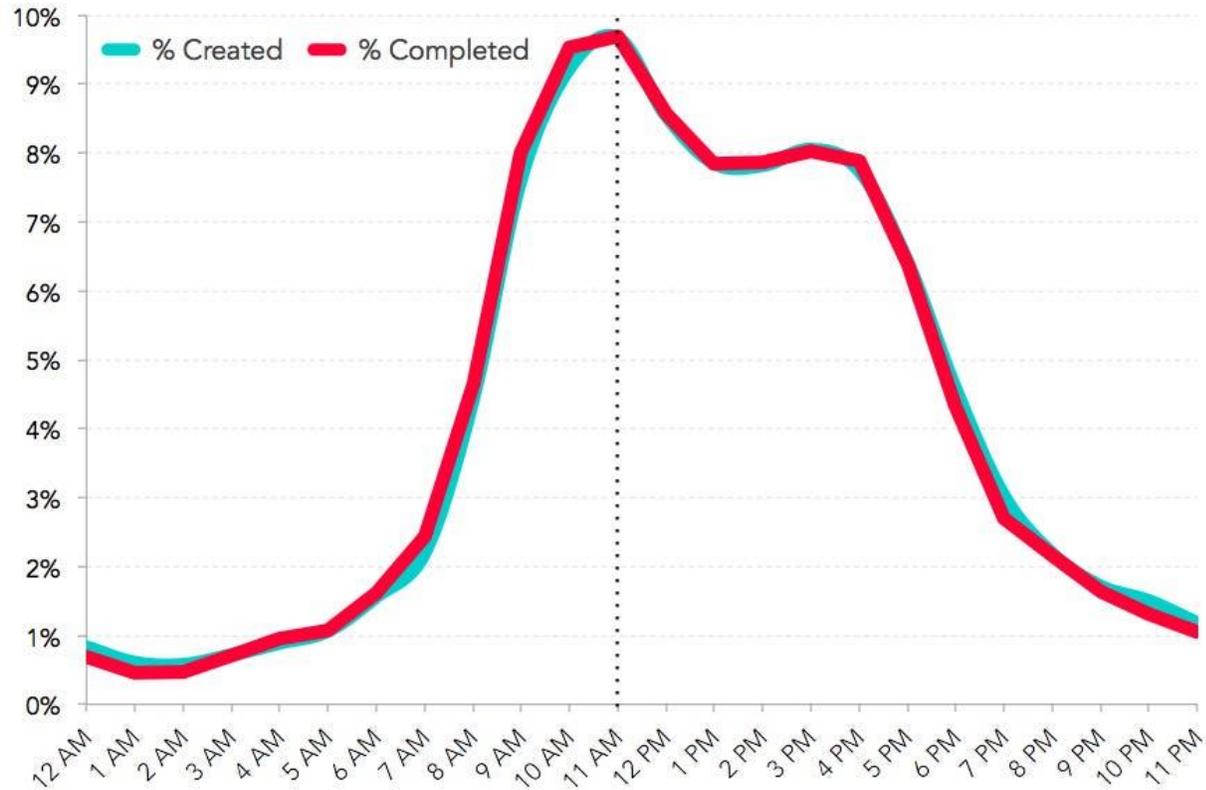
Hormona esteroide que incrementa la energía y la activación de funciones corporales.

Hormona que promueve el sueño y que se produce con la llegada de la noche y se inhibe en la luz.

# RITMOS CIRCADIANOS Y PRODUCTIVIDAD

## At what time of day do people create and complete the most tasks?

Percentage of tasks created/completed by time of day



Based on two years of Redbooth data (10/2015 — 10/2017)



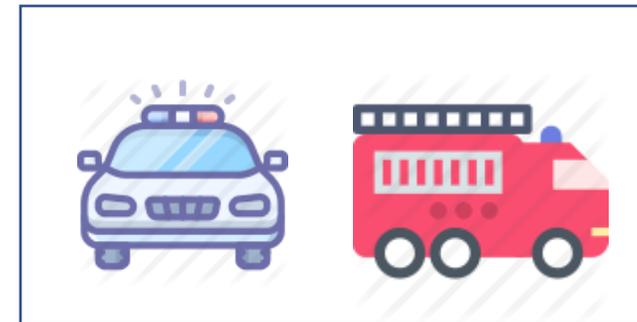
**Redbooth:** software de gestión de trabajo en equipo.

- La hora del día más productiva es entre 9am-11am de la mañana.
- Después de comer, la productividad disminuye, y se desploma por completo a partir de las 16.00 horas.
- Los días más productivo es el lunes y martes, el menos productivo es el viernes.
- Octubre es el mes más productivo del año.

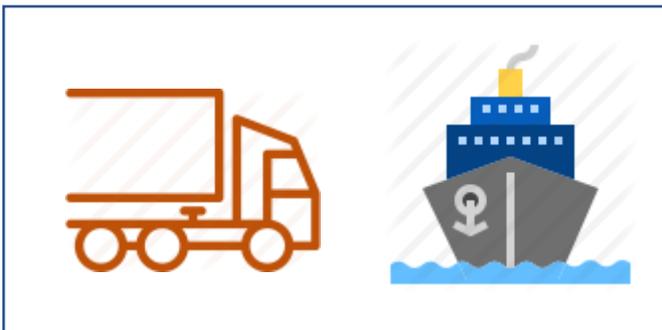
Diferentes servicios que se brindan de manera continua, así como algunas actividades industriales requieren de una organización social en la que las limitaciones de tiempo no sean un límite para las actividades humanas. De esta manera se recurre al trabajo por turnos o en horarios atípicos.



Servicios de atención a la salud.



Servicios de urgencias.



Transporte de carga.



Petroquímica y manufactura.



Se estima que alrededor del 15% de la fuerza laboral de EE.UU (unos 25 millones de personas) trabajan en horarios fuera de la jornada regular de trabajo ([NSF 2020](#)).



En el caso del Reino Unido, más de 3,5 millones de personas realizan trabajo por turnos, representando aproximadamente un 10% del total de la fuerza de trabajo ([HSE, 2020](#)).



En España según la 6ta encuesta nacional de condiciones de trabajo, aproximadamente un 23% de la fuerza laboral realiza trabajo por turnos o en horarios atípicos ([ENCT, 2015](#)).



En Canadá aproximadamente un 28% de la población (4,1 millones de trabajadores) tienen un horario diferente a la jornada regular de trabajo ([Williams, 2008](#)).

Un turno de trabajo regular o estándar puede definirse como uno que se extiende aproximadamente entre las **9:00 a.m.** y las **5:00 p.m.** Cualquier otro período de tiempo de la jornada de trabajo es considerado como atípico o no –estándar.

Organiza:

**CSOA** CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

**30**  
**SEMANA**  
de la  
**SALUD**  
**OCUPACIONAL**



# TRABAJO POR TURNOS

# TRABAJO POR TURNOS

- El trabajo por turnos es una práctica muy extendida en la sociedad moderna y consiste en dividir las horas del día en "turnos".
- Los turnos representan períodos definidos durante los cuales diferentes grupos de trabajadores realizan sus tareas.



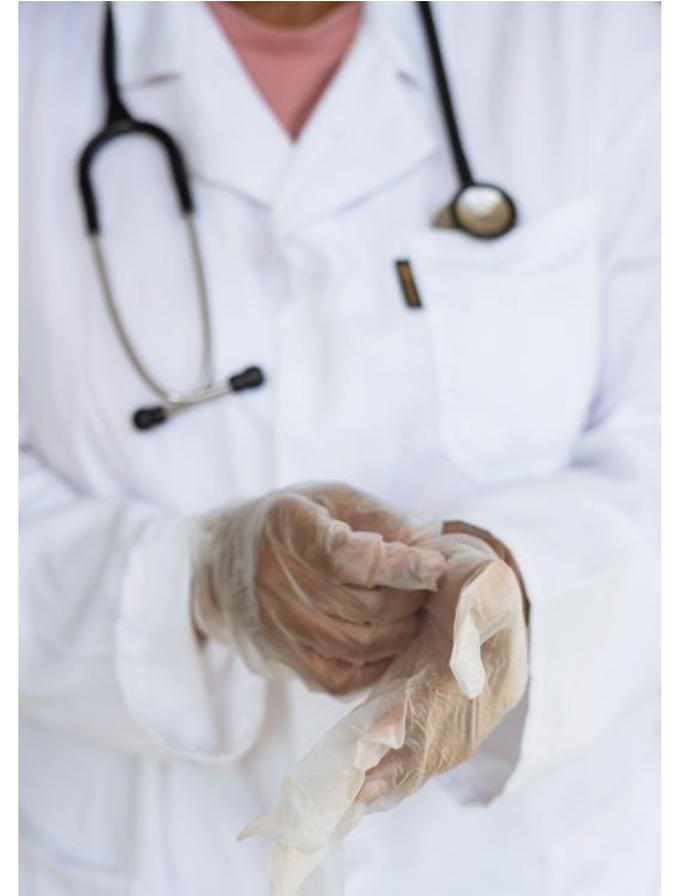
El trabajo por turnos se contrapone al ritmo circadiano regular de los trabajadores, obligándoles a mantener un ciclo de sueño/vigilia desalineado con la fisiología natural del organismo.



## Tipos de turnos:

- Turno regular de la tarde: comienza después de las 3 p.m., y termina un poco antes de la medianoche.
- Turno regular de noche: comenzando después de las 11 p.m., terminando antes de las 11 a.m.
- Turnos rotativos: usualmente dos o tres turnos (día, tarde o la noche).
- Turno dividido: dos o más períodos de trabajo distintos en el día.
- Turno on call: sin horario preestablecido, se entra a trabajar según se necesite.
- Turnos irregulares: varía según la demanda de trabajo.

- **Trastorno del trabajo por turnos:** se caracteriza por problemas significativos para conciliar el sueño y permanecer dormido, o para dormir cuando se desea.
- **Trastornos metabólicos:** obesidad, diabetes tipo 2, síndrome metabólico.
- Los trabajadores por turnos con horarios rotativos comen de forma más errática y frecuente que los diurnos, pican más por la noche y consumen alimentos menos sanos y potencialmente más calóricos.
- Mayor probabilidad de **problemas gastrointestinales.**



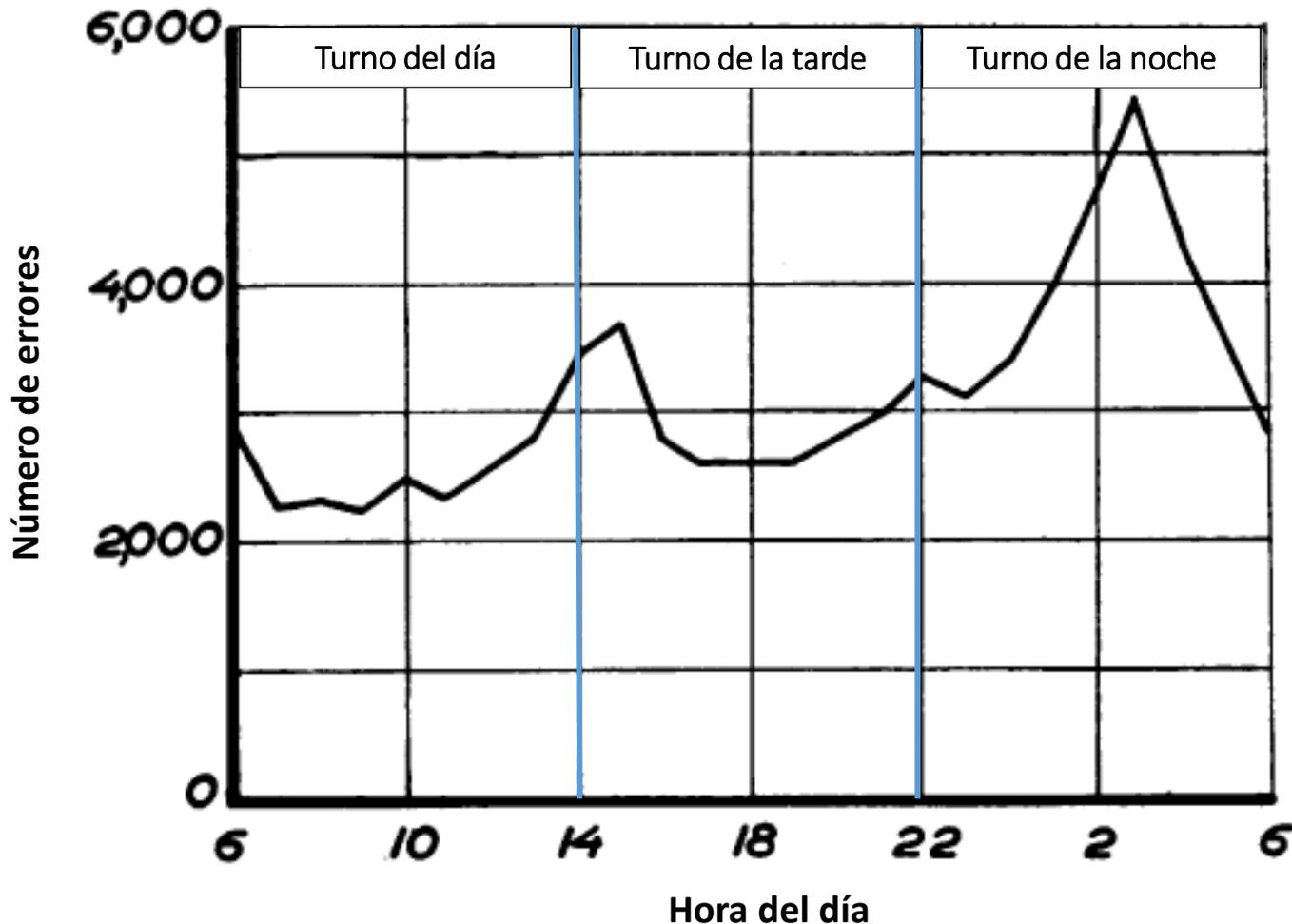
- Trastornos de **salud mental**: Trabajar en un horario atípico dificulta las relaciones y puede aislar a las personas, hay mayores probabilidades de sufrir estrés y dificultades psicológicas que las que tienen un horario diurno estándar.
- **Cáncer**: Un ritmo circadiano desequilibrado afecta a la función celular. Puede interferir en la reparación del ADN, los ciclos celulares y la muerte celular.

La organización mundial de la salud reconoce al trabajo por turnos como un cancerígeno probable.



# TRABAJO POR TURNO Y DESEMPEÑO

Distribución del número de errores en las entradas de registros de datos proveniente de la producción de gas según el momento del día (ciclo circadiano).

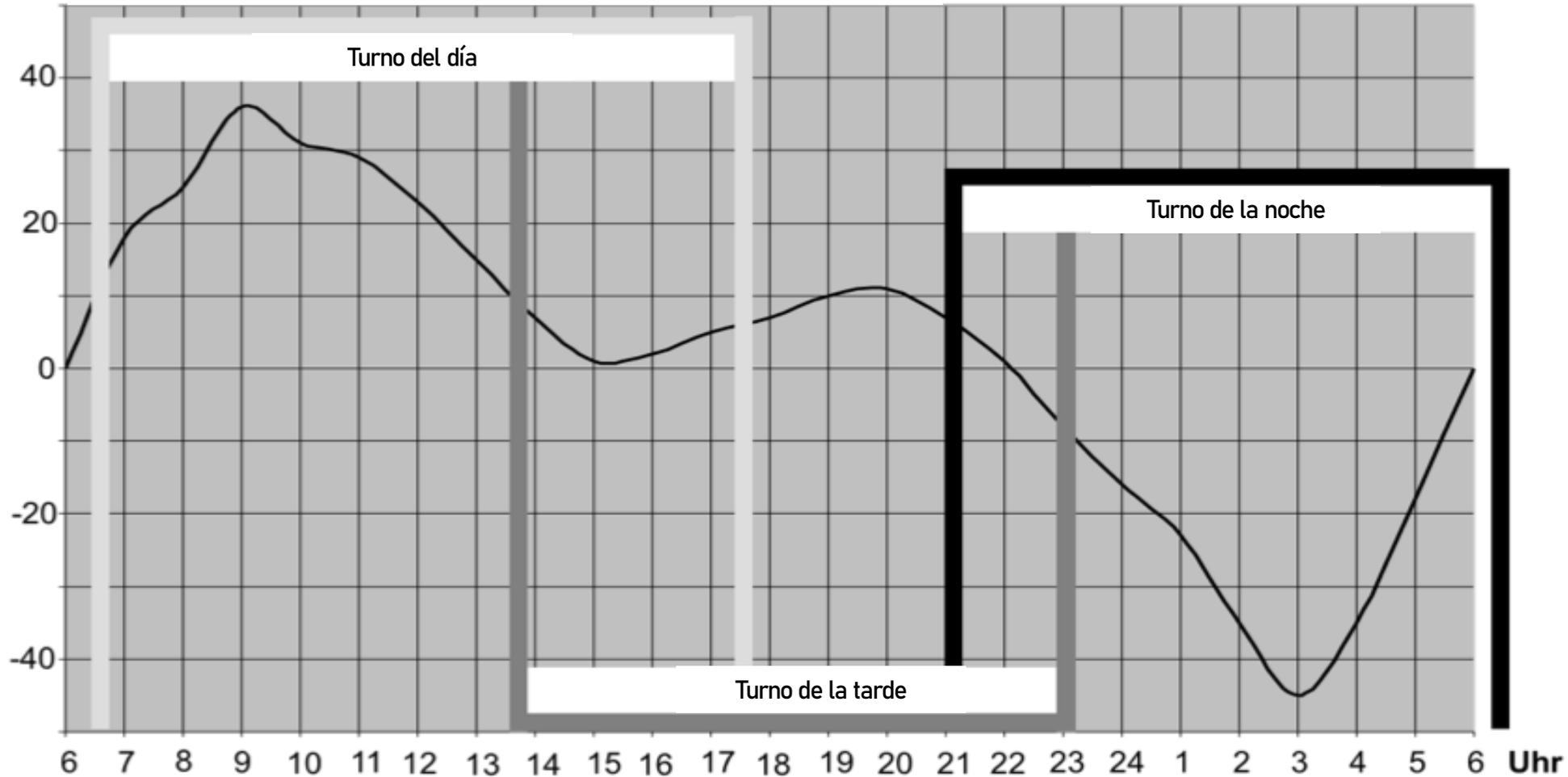


Estudio realizado entre 1912 y 1931 en una gran fábrica de gas en el sur de Suecia. Los sujetos eran hombres cuyo trabajo consistía en llenar registros con los datos provenientes de lecturas en tanques de gas. Los registros de los años estudiados mostraron que se cometieron 14.289 errores en 61.296 entradas.

Fuente: Bjerner, B., Holm, A., & Swensson, A. (1955)

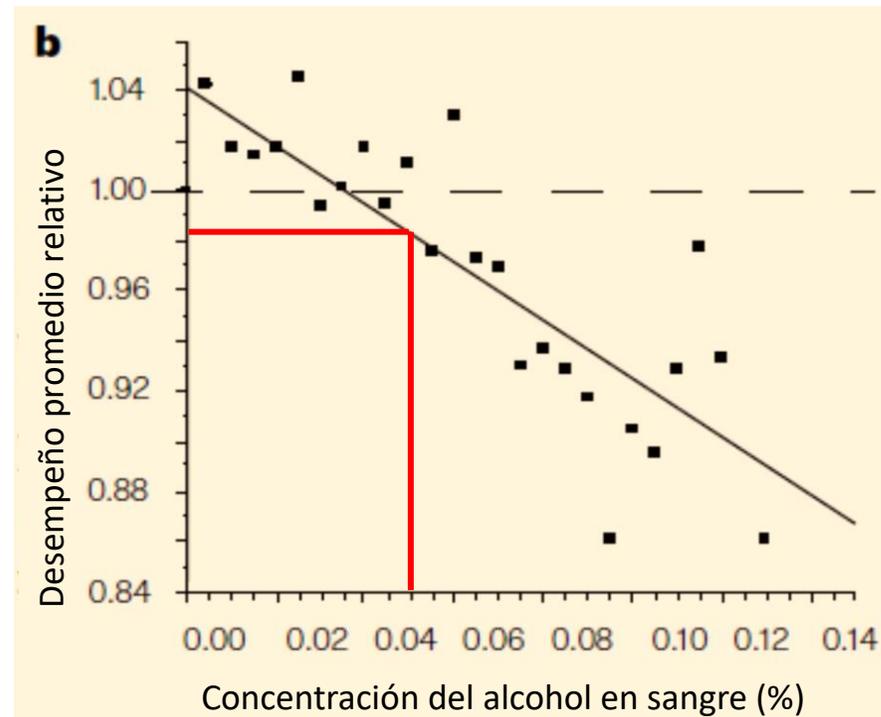
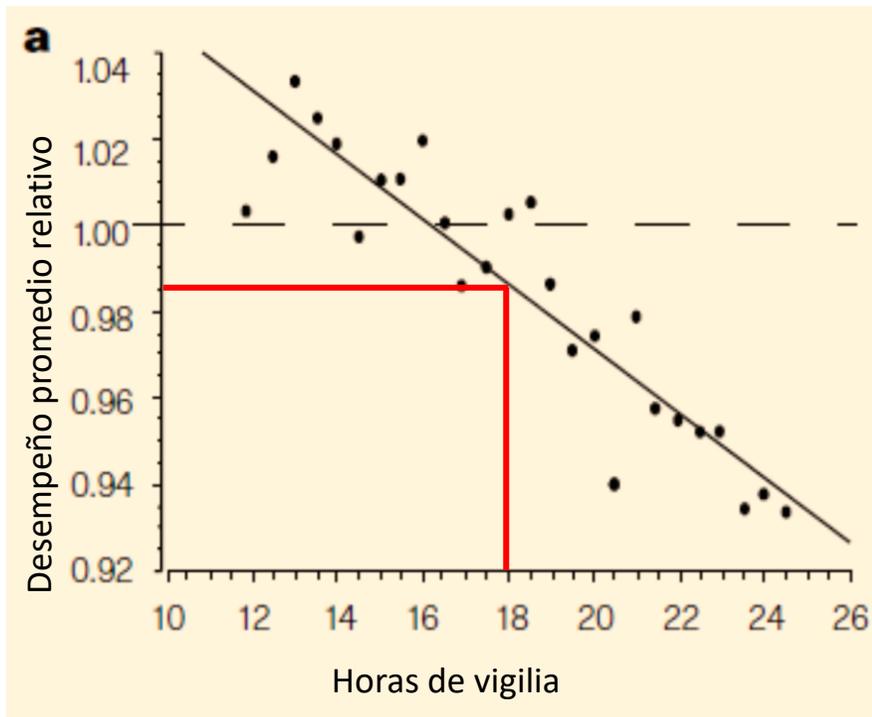
# TRABAJO POR TURNO Y DESEMPEÑO

Desempeño en % por encima o por debajo del promedio diario



# VIGILIA Y DESEMPEÑO

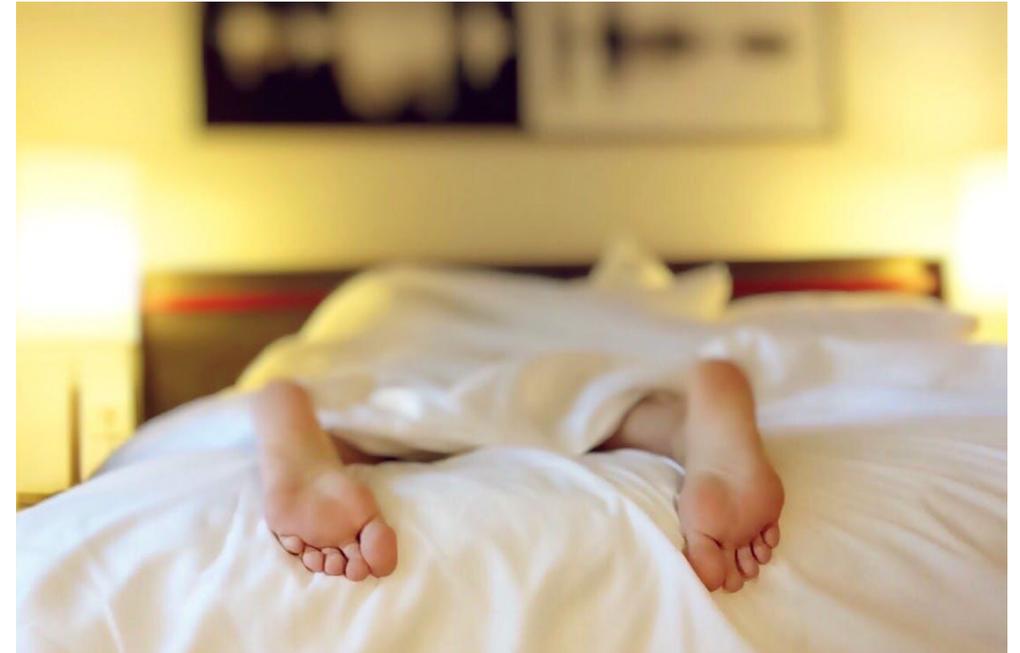
Comparación del deterioro del rendimiento causado por la fatiga por largas horas de vigilia y el deterioro causado por la intoxicación por alcohol.



A partir de las 16 horas de vigilia el desempeño comienza a ser menor que el desempeño promedio y alrededor de las 18 horas el desempeño es equivalente a 0,05% de alcohol en sangre.

Dawson, D., Reid, K. Fatigue, alcohol and performance impairment. *Nature* **388**, 235 (1997). <https://doi.org/10.1038/40775>

- El cronotipo es la inclinación natural del cuerpo a dormir a una hora determinada y varía de una persona a otra.
- Los dos principales cronotipos son: madrugador y noctámbulo.
- Además de regular las horas de sueño y vigilia, el cronotipo influye en el apetito, el ejercicio y la temperatura corporal central.
- Los cronotipos no influyen el número total de horas de sueños. Sin embargo, es más difícil para los noctámbulos dormir antes de la 1 a.m.
- El cronotipo varía a lo largo de la vida.



**Alondra:** se cansan antes que la mayoría y se despiertan mucho antes que los demás se denominan alondras.



**Paloma:** la mayoría de la población se sitúa en algún punto entre las alondras extremas y los búhos.



**Búho:** Pueden permanecer despiertas mucho después de medianoche y pueden dormir hasta bien entrado el día.



## Test de cronotipos

### TEST DE MATUTINIDAD / VESPERTINIDAD

Esta prueba sirve para determinar nuestro cronotipo: si tenemos facilidad para madrugar (matutino o tipo "alondra") o, por el contrario, tenemos mucha facilidad para retrasar nuestra hora de acostarnos (vespertino o tipo "búho"), mediante una serie de sencillas preguntas sobre rutinas de horarios para días laborables y días libres. Respondiendo a estas preguntas podremos determinar tu cronotipo y proporcionarte algunos consejos.

Edad\*

Peso\*

En kg

Altura\*

En centímetros

Sexo\*

Hombre



País\*

Seleccione uno



Ciudad\*

**IMPORTANTE:** introduzca sus horarios en formato 24h

#### DÍAS LABORABLES

Me acuesto a las  :  horas.

En realidad estoy listo/a para dormirme a las  :  horas.

Necesito  minutos para conciliar el sueño.

Me despierto a las  :  horas Seleccione una

Me levanto después de  minutos .

#### DÍAS NO LABORABLES

Me acuesto a las  :  horas.

En realidad estoy listo/a para dormirme a las  :  horas.

Necesito  minutos para conciliar el sueño.

Me despierto a las  :  horas Seleccione una

Me levanto después de  minutos.

ENVIAR

UNIVERSIDAD DE  
MURCIA



Organiza:

**CSOA** CORPORACIÓN DE SALUD  
OCUPACIONAL Y AMBIENTAL

**3**  
**SEMANA**  
de la  
**SALUD**  
**OCUPACIONAL**

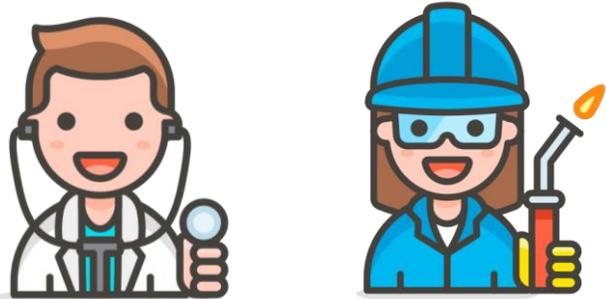


# GESTIÓN DE FATIGA Y TRABAJO POR TUNROS

# DOS NIVELES



**Nivel organizacional:** prácticas de gestión de horarios y equipos.



**Nivel individual:** hábitos y prácticas a nivel de cada trabajador.

## Nivel organizacional

1. Número de horas de trabajo (duración del turno + *overtime*).
2. Momento del día en que transcurre el turno (mañana/tarde/noche).
3. Tiempo disponible para descanso entre turnos consecutivos.
4. Pausas de descanso durante el trabajo (frecuencia y duración).
5. Secuencia de turnos de trabajo (sistema de rotación).
6. Volumen de trabajo: demandas físicas y cognitivas.



## Definición

- Los modelos biomatemáticos (BMM, por sus siglas en inglés) son una herramienta científica que utiliza ecuaciones matemáticas para representar procesos biológicos complejos, como el sueño y la vigilia. Estos modelos **permiten predecir los niveles de alerta y fatiga** en función de variables como el tiempo de trabajo, los patrones de sueño y la exposición a la luz.
- Los BMM se implementan de manera rutinaria en los sistemas de gestión del riesgo de fatiga (Fatigue Management Risk System-FMRS) en lugares de trabajo cada vez más diversos.
- Son ampliamente empleados en sectores como la aviación para monitorear los niveles de fatiga de las tripulaciones y establecer límites. Se emplean también en sectores como los ferrocarriles y en las minas donde un número importante de conductores realiza trabajo por turnos.

## SAFTE (Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness Model)

Desarrollado por la NASA, este modelo predice la efectividad de las personas según su historial de sueño y el tiempo de vigilia, calculando cuándo se deben tomar descansos para optimizar el rendimiento



Basado en la actigrafía



## Principios y buenas prácticas

1. Debe evitarse implementar un turno fijo de la noche pues los humanos no se adaptan completamente al cambio de horario de manera sostenida.
2. Utilizar rotaciones rápidas es mejor que ciclos semanales o mensuales.
3. Se deben rotar los turnos en sentido horario: mañana-tarde-noche.
4. En un sistema de rotación de 24h son preferibles los turnos de 8h a los de 12h.



Fuente: [\(Burguess, 2007\)](#)

## Principios y buenas prácticas

5. Los turnos de la noche deben limitarse idealmente a bloques de 3 noches consecutivas no sobrepasando las 10 noches consecutivas.
6. Al menos dos días de recuperación son necesarios después de bloques de trabajo de noche.
7. Se ha demostrado que dormir una siesta antes del turno de noche aumenta la vigilancia subjetiva y objetiva.



Fuente: [\(Burguess, 2007\)](#)

# NIVEL INDIVIDUAL

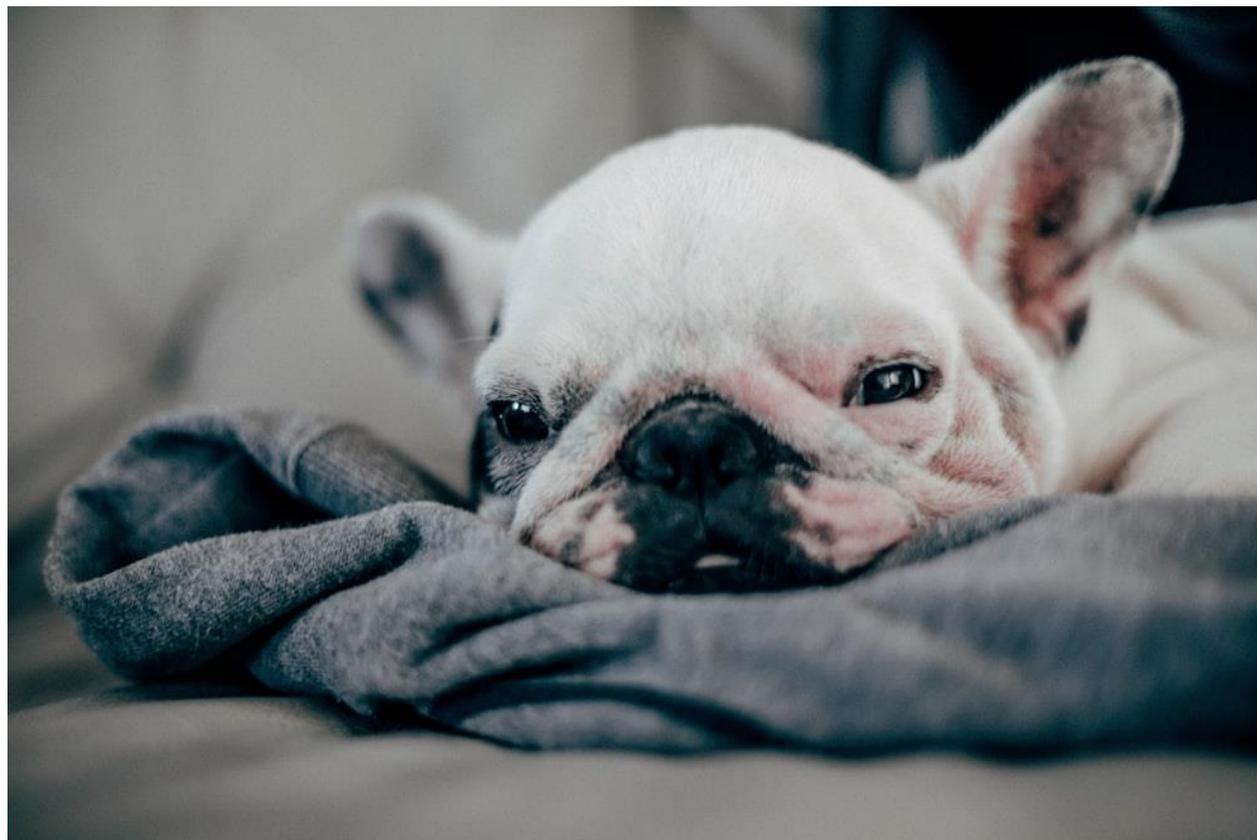
1. Implementar un programa de siestas en el trabajo.
2. Regular el consumo de cafeína.
3. Ofrecer formación en higiene del sueño a los trabajadores



# NIVEL INDIVIDUAL

4. Uso de melatonina para sincronizar el reloj biológico cuando hay desfase horario.
5. Evaluar la apnea del sueño en los trabajadores (encuestas + evaluación médica).





# Gracias



[yaniel.torres@udea.edu.co](mailto:yaniel.torres@udea.edu.co)



<https://www.researchgate.net/profile/Yaniel-Torres>