

EVALUACIÓN DE LA INTERACCIÓN DE LOS ASPECTOS ERGONÓMICOS Y REQUISITOS AMBIENTALES DEL PUESTO DE OPERADOR DE MANEJO DE AGUAS EN CENTROS DE CONTROL DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS EN MINERÍA SUPERFICIAL

EVALUATION OF THE INTERACTION OF ERGONOMIC ASPECTS AND ENVIRONMENTAL REQUIREMENTS FOR THE WATER MANAGEMENT OPERATOR IN CONTROL CENTERS OF WATER TREATMENT PLANTS IN SURFACE MINING

Grace Kelly Valenzuela-Tello*

Resumen: El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre la carga mental, carga física y requisitos ambientales del puesto de operador de manejo de aguas en centros de control de Plantas de Tratamientos de Aguas en minería superficial. El estudio involucró el análisis de la carga mental a través la metodología NASA TLX, la carga física postural a través de la metodología ROSA y dinámica a través del porcentaje de carga cardiovascular y los requisitos de gestión de alarmas y ambientales establecidos en las UNE EN ISO 11064-5:2008 y UNE EN ISO 11064-6:2006. Complementándose el análisis con entrevistas estructuradas sobre los requisitos de diseño ergonómico de los centros de control y variable cognitiva asociada. Se evidenció niveles de riesgo alto en la evaluación de carga mental - variable esfuerzo y carga física postural en los operadores de centro de control de la Planta de Tratamiento de Aguas N°01, así como desvíos en el confort lumínico, acústico y la gestión de alarmas. Las variables asociadas al estado de los aspectos de diseño ergonómico en los centros de control fueron esfuerzo y demanda temporal entre los operadores.

Palabras clave: Centro de control, carga mental, carga física dinámica, antropometría, diseño ergonómico.

Abstract: The objective of this study was to evaluate the relationship between the mental load, physical load and environmental requirements of the position of water management operator in control centers of Water Treatment Plants in surface mining. The study involved the analysis of the mental load through the NASA TLX methodology, the postural physical load through the ROSA and dynamic methodology through the cardiovascular load percentage and the alarm and environmental management requirements established in the UNE EN ISO 11064-5:2008 and UNE EN ISO 11064-6:2006. Complementing the analysis with structured interviews on the ergonomic design requirements of the control centers and associated cognitive variable. High risk levels were evidenced in the evaluation of mental load - effort and postural physical load variable in the operators of the control center of Treatment Water Plant N°01 as well as deviations in lighting and acoustic comfort and alarm management. The variables associated with the status of ergonomic design aspects in the control centers were effort and time demand among operators.

Keywords: Control center, mental load, dynamic physical load, anthropometry, ergonomic design.

*Investigadora independiente. Lima, Perú. Correo electrónico: gkvalenzuelatello@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-9540-2425>

Recepción: 20.08.2023/ Revisión: 02.10.2023 / Aceptación: 23.11.2023

Introducción

Los centros de control son el principal punto focal para operar la mayoría de los sistemas industriales modernos, incluidos centrales eléctricas, refinerías, plantas químicas (tanto discontinuas como continuas), centros de distribución de servicios públicos y muchos otros lugares. Proporcionan los medios vitales por los cuales el operador obtiene información sobre el estado de la planta, ingresa parámetros operacionales, y por el cual cualquier acción de control automático puede anularse y tomarse el control manual de la planta. Las salas de control proporcionan un medio de comunicación y coordinación y los operadores de la sala de control a menudo se requieren para llevar a cabo trabajo de oficina, incluida la preparación de registros e informes de traspaso de turnos, actualización de procedimientos, programación de actividades, incluido el mantenimiento y la formación (EEMUA, 2019).

La carga de trabajo mental sigue siendo una variable importante con la que investigar el rendimiento del usuario de trabajo de Pantallas de Visualización de Datos. Aunque existen muchas técnicas para medir la carga de trabajo mental, pero no hay consistencia en los resultados. Es debido a ello que la carga de trabajo mental se trata como una experiencia subjetiva en respuesta a una carga de tarea (Ding, Cao & Wang, 2020). Las variables de la metodología NASA-TLX entre el personal de la sala de control del rubro minero son altos (Mohammadian, Parsaei, Mokarami & Kazemi, 2022). Por lo que es necesario establecer cuáles son los aspectos de diseño ergonómico de los centros de control que aportan al aumento de la percepción de los niveles de riesgo de estas variables.

Los objetivos de esta investigación son:

- Evaluar los aspectos ergonómicos de carga mental y física de trabajo de los operadores así como la gestión de alarmas de los centros de control de Plantas de Tratamientos de Aguas en una minera superficial y el estado de los aspectos de diseño ergonómico de los centros de control y requisitos antropométricos.
- Realizar mediciones de los requisitos ambientales de los centros de control de Plantas de Tratamientos de Aguas.

Materiales y métodos

Materiales

Para la evaluación de requisitos ambientales de los centros de control se utilizaron los instrumentos de medición calibrados en fábrica que figuran en la Tabla 1.

Tabla 1. Instrumentos de medición de requisitos ambientales en centros de control.

Equipo	Marca	Modelo	Nº Serie	Parámetros de medición	Fecha de última de calibración
Sonómetro	Svantek	SV971	27729	LAeq	11/03/2022
Calibrador acústico	Svantek	SV35	107222	LAeq	2/18/2022
Monitor de estrés térmico	TSI	Quest Temp 34	TE0040007	Ta, Tg, Tbh	2/28/2022
Termoanemómetro	TSI	966	P18020035	m/s, %Rh	2/2/2022
Luxómetro	Extech	Heavy Duty Light Meter	Z400791	Lux	2/17/2022
Detector de gases	MSA	Altair 5X	00077715-G15	ppm	3/29/2022
Sensor de frecuencia cardiaca	Polar	H10	H9952	bpm	-

Se utilizaron otros materiales tales como tableros de madera, hojas bond A4, block de apuntes, formatos de campo de los métodos ergonómicos, lapiceros, cinta métrica. Además de un celular iPhone 11, laptop Lenovo P14s e impresora a colores.

Metodología

La investigación fue descriptiva, transversal y cuantitativa.

Para el desarrollo de la investigación se establecieron las siguientes etapas:

1. Comunicación previa y participación de la gerencia y representantes de los trabajadores del puesto operador de manejo de aguas.
2. Evaluación de los aspectos ergonómicos y requisitos ambientales del puesto.
3. Desarrollo de entrevistas estructuradas con los operadores de los centros de control.
4. Elaboración de propuesta de intervención en base a los resultados de los estudios.

Comunicación previa y participación de la gerencia y representantes de los trabajadores del puesto operador de centro de control

En esta etapa, se comunicó a los representantes de los trabajadores mediante sesión ordinaria de Comité Seguridad y Salud Ocupacional el inicio de la programación de las evaluaciones anuales de higiene ocupacional y ergonomía de los operadores de manejo de aguas que trabajan en los centros de control de las Plantas de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02. Los representantes estuvieron a favor y participaron activamente en el proceso de evaluación y entrevistas estructuradas.

Evaluación de los aspectos ergonómicos y ambientales del puesto de operador de manejo de aguas

En esta etapa, se evaluó los aspectos ergonómicos tanto como carga física, carga mental de los operadores de centros de control y los requisitos ambientales (iluminación, ruido, temperatura, ruido, otros) de los centros de control.

Desarrollo de entrevistas estructuradas

En esta etapa, se realizaron entrevistas al personal de cada centro de control tanto de turno día como de noche para comprender mejor los resultados de las evaluaciones de carga mental. La batería de preguntas del cuestionario se realizó en base a la guía EEMUA 201 3era Edición (2019).

Resultados y discusión

Evaluación de los aspectos ergonómicos del puesto de operador de manejo de aguas

Evaluación de la carga física postural

Se realizó la identificación, evaluación rápida de los factores de riesgo disergonómico presentes, así como la evaluación del riesgo disergonómico del puesto de trabajo de operador de centro de control de las Plantas de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02 bajo los lineamientos de la metodología RTP-ISO/TR 12295:2021 (INACAL, 2021) Se identificó la presencia de posturas estáticas y dinámicas en las tareas de monitoreo en centro de control según la Figura 1.

Figura 1. Matriz de tareas e identificación de factores de riesgo disergonómico del puesto operador de manejo de aguas.

PUUESTO DE TRABAJO	TAREA	LEVANTAMIENT Y TRANSPORTE MANUAL DE CARGAS 11228-1	EMUJE Y TRACCIÓN DE CARGAS 11228-2	MOVIMIENTO REPETITIVOS EN EXTREMIDAD SUPERIOR 11228-3	POSTURA ESTÁTICA EN EL TRABAJO 11226	POSTURA DINÁMICA UNE – EN 1005-4: 2005.
OPERADOR DE AGUAS - APM - QUEBRADA PACCHAC	BOMBEO MANUAL DE LECHADA DE CAL A PLANTA ARD3.	NO	NO	NO	SI	SI
	INGRESOS DE MUESTRAS A LABORATORIO	SI	NO	NO	NO	SI
	INGRESO Y ROTULADO DE MUESTRAS	NO	NO	NO	SI	SI
	MANEJO DE CAMIONETA ARV 981	NO	NO	SI	SI	SI
	MEDICIÓN DE CONCENTRADO DE CLORO EN AGUA POTABLE.	NO	NO	NO	SI	SI
	TOMA DE MUESTRAS QUEBRADA PACCHAC	NO	NO	NO	SI	SI
OPERADOR DE SALA DE CONTROL EN PLANTA PUCAHURAN	MONITOREO DE PARÁMETROS EN SALA DE CONTROL.	NO	NO	NO	SI	SI
	RECOJO DE MUESTRAS DE PLANTA DETOX Y ARD	NO	NO	NO	NO	SI
OPERADOR MULTIFUNCIONAL III	INSPECCIÓN EN PLANTA DE CAL	NO	NO	NO	NO	SI
	MONITOREO EN SALA DE CONTROL	NO	NO	SI	SI	SI

En la Figura 2 se visualiza la evaluación rápida de factores de riesgo disergonómico para los factores que se identificaron previamente, siendo calificados como riesgo moderado no crítico a las posturas estáticas y dinámicas por el uso de pantallas de visualización de datos.

Figura 2. Matriz de evaluación rápida de factores de riesgo disergonómico del puesto operador de manejo de aguas.

PUESTO DE TRABAJO	TAREA	LEVANTAMIENTO / MANUAL DE CARGAS 11228-1	TRANSPORTE MANUAL DE CARGAS 11228-1	EMUJE Y TRACCIÓN DE CARGAS 11228-2	MOVIMIENTO REPETITIVOS EN EXTREMIDAD SUPERIOR 11228-3	POSTURA ESTÁTICA EN EL TRABAJO 11226	UNE – EN 1005-4: 2005. POSTURA DINÁMICA
	EN AGUA POTABLE.						
	TOMA DE MUESTRAS QUEBRADA PACCHAC					Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
OPERADOR DE SALA DE CONTROL EN PLANTA PUCHURAN	MONITOREO DE PARÁMETROS EN SALA DE CONTROL.				Riesgo zona verde / aceptable	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
OPERADOR MULTIFUNCIONAL - PLANTA PUCHURAN	LAVADO DE PLANTA PREPARACIÓN DE CAL.				Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
	CONDUCCIÓN DE CAMIONETA (RECOJO DE ALIMENTOS)				Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
	MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE					Riesgo Presente/ No crítico	v Riesgo Presente/ No crítico
	PREPARACIÓN DE FLOCULANTE		Riesgo zona verde / aceptable				Riesgo Presente/ No crítico
	TOMA DE MUESTRAS DE PLANTA PUCHURAN					Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
OPERADOR MULTIFUNCIONAL - PLANTA PACCHAC	APERTURA Y CIERRE DE VALVULAS.						Riesgo Presente/ No crítico
	LAVADO DE PLANTA DE CAL.				Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
	LAVADO DE TANQUE DE PREPARACIÓN DE CAL.				Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
	MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS EN PLANTA.					Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico
	RECOJO DE MUESTRAS DE PLANTA DETOX Y ARD						Riesgo Presente/ No crítico
OPERADOR MULTIFUNCIONAL III	INSPECCIÓN EN PLANTA DE CAL						Riesgo Presente/ No crítico
	MONITOREO EN SALA DE CONTROL				Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico	Riesgo Presente/ No crítico

En la Figura 3 se visualiza la matriz de evaluación cuantitativa de factores de riesgo disergonómico para los factores que se evaluaron de forma rápida previamente, siendo calificados como riesgo alto a las posturas relacionadas por el uso de pantallas de visualización de datos mediante la metodología R.O.S.A. en la tarea de monitoreo en centro de control en Planta Tratamiento N°02 (5) y riesgo bajo en Planta Tratamiento N°01 (4).

Figura 3. Matriz de evaluación cuantitativa de factores de riesgo disergonómico del puesto operador de manejo de aguas.

PUESTO DE TRABAJO	TAREA	RIESGO ERGONÓMICO	MÉTODO	NIVEL	PUNTUACION FINAL	COLOR DE IDENTIFICACIÓN
	INGRESO ROTULADO Y DE MUESTRAS	POSTURA FORZADA	REBA	BAJO	2	Verde
	MANEJO DE CAMIONETA ARV 981	POSTURA FORZADA	REBA	MEDIO	4	Amarillo
		MOVIMIENTO REPETITIVO	MÉTODO JSI	SEGURO	Izq. 2.3	Verde
				SEGURO	Der. 2.3	Verde
	MEDICIÓN CONCENTRADO DE CLORO EN AGUA POTABLE.	POSTURA FORZADA	REBA	ALTO	8	Rojo
TOMA MUESTRAS QUEBRADA PACCHAC	POSTURA FORZADA	REBA	MEDIO	6	Amarillo	
OPERADOR DE SALA CONTROL EN PLANTA PUCAHURAN	MONITOREO DE PARÁMETROS EN SALA CONTROL.	POSTURA ESTÁTICA	MÉTODO R.O.S. A	BAJO	4	Verde
OPERADOR MULTIFUNCIONAL PLANTA PUCAHURAN	LAVADO DE PLANTA PREPARACIÓN DE CAL.	POSTURA FORZADA	REBA	MEDIO	4	Amarillo
		MOVIMIENTO REPETITIVO	MÉTODO JSI	SEGURO	Izq. 1.5	Verde
				SEGURO	Der. 2	Verde
	LAVADO DE TANQUE DE PREPARACIÓN DE CAL.	POSTURA FORZADA	REBA	ALTO	8	Rojo
		MOVIMIENTO REPETITIVO	MÉTODO JSI	INCIERTO	Izq. 4,5	Amarillo
				INCIERTO	Der. 6	Amarillo
	MONITOREO Y SUPERVISIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS EN PLANTA.	POSTURA FORZADA	REBA	BAJO	3	Verde
	RECOJO DE MUESTRAS DE PLANTA DETOX Y ARD	POSTURA FORZADA	REBA	BAJO	2	Verde
OPERADOR MULTIFUNCIONAL III	INSPECCIÓN EN PLANTA DE CAL	POSTURA FORZADA	REBA	INAPRECIABLE	1	Verde
		POSTURA FORZADA	REBA	MEDIO	6	Amarillo
	MONITOREO DE SALA DE CONTROL	POSTURA ESTÁTICA	MÉTODO R.O.S. A	ALTO	5	Rojo

Evaluación de la carga física dinámica

En cada puesto de trabajo se realizó un estudio de tiempos, identificando actividades que se clasificaron en principales y secundarias así como sus tiempos de dedicación a cada una de ellas que se detallan en la Tabla 2 y 3.

Tabla 2. Actividades y porcentaje de la jornada del puesto de operador de manejo de aguas de Planta de Tratamiento de Aguas N°01.

Tipo de actividad	Actividades	Tiempo (minutos)	% Tiempo de la jornada
Actividades Principales	Limpieza de Tanque Depósito de aguas	40	67%
	Conducción de Camión Cisterna Iveco 4	120	
	Regulación de Válvulas	30	
	Monitoreamiento de equipos en Control Room Planta N°01	160	
Actividades Secundarias	Manejo de Camioneta (Recojo	60	33%

Tipo de actividad	Actividades	Tiempo (minutos)	% Tiempo de la jornada
	de Alimentación)		
	Alimentación en comedor de planta (Desayuno y Almuerzo)	80	
	Elaboración de herramientas de gestión en SSO (Pre usos, IPER Continuo)	35	
	Total	525	100%

Tabla 3. Actividades y porcentaje de la jornada del puesto de operador de manejo de aguas de la Planta de Tratamiento de Aguas N°02.

Tipo de actividad	Actividades	Tiempo (minutos)	% Tiempo de la jornada
Actividades principales	Apertura y cierre de válvulas en planta	45	81%
	Lavado de planta de cal	60	
	Lavado de tanque de preparación de cal	120	
	Monitoreo y supervisión de funcionamiento de equipos en planta	60	
	Monitoreamiento de equipos en Control Room Planta N°02	90	
	Recojo de muestras en planta ARD y Detox	45	
Actividades secundarias	Alimentación en comedor de planta (desayuno y almuerzo)	80	19%
	Elaboración de herramientas de gestión en SSO (IPER Continuo)	20	
	Total	520	100%

Se consideró como método de evaluación de la carga física dinámica el método de la frecuencia cardíaca, para lo cual se utilizó el dispositivo Polar H10 banda pectoral y se evaluó todas las actividades de la jornada laboral de cada puesto teniendo en consideración que sus actividades son las mismas cada día. Se analizaron los resultados obtenidos y calculó la frecuencia cardíaca (fC) a carga cardíaca (CC), según lo señalado por Apud et al. (2002).

El porcentaje de carga cardiovascular promedio de la actividad en cada puesto de trabajo evaluado fue para el operador de Planta de Tratamiento de Aguas N°01 de 18,2% y el de Planta N°02 21,5% respectivamente. En base a estos resultados, la carga física de esta actividad es de baja intensidad en ambos casos según se detalla.

Figura 4. Comportamiento del porcentaje de carga cardiovascular durante la jornada del operador de Planta de Tratamiento de Aguas N°01.

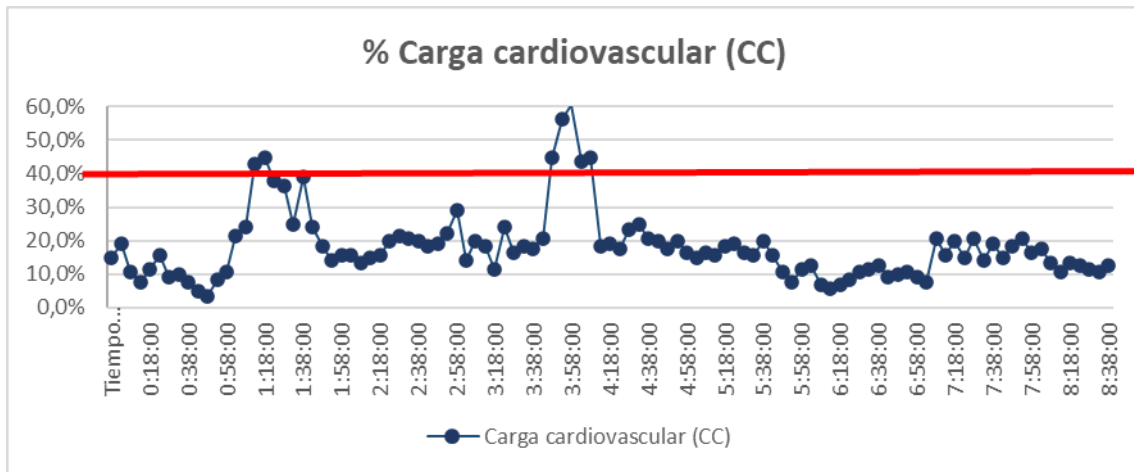
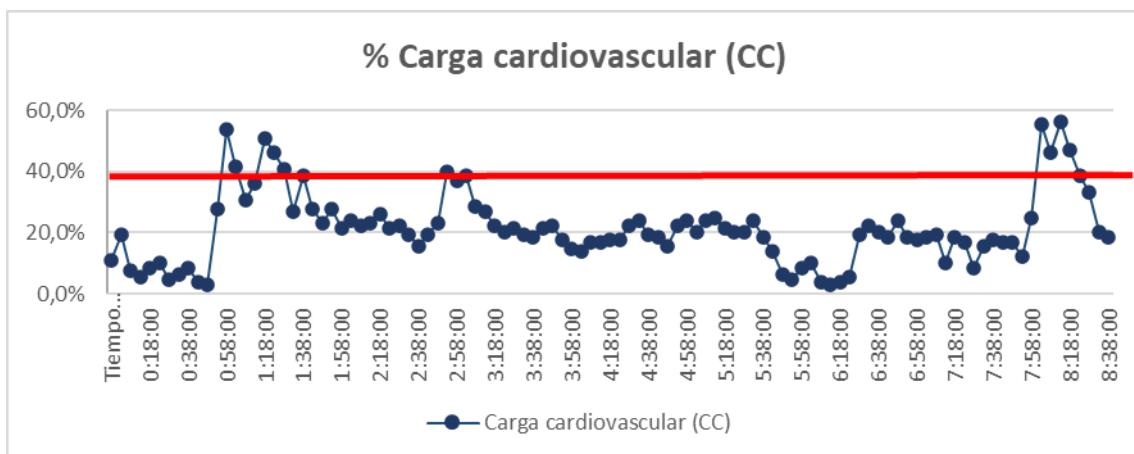


Figura 5. Comportamiento del porcentaje de carga cardiovascular durante la jornada del operador de Planta de Tratamiento de Aguas N°02.



Dimensiones de la estación de trabajo en los centros de control

Las dimensiones de los centros de control permiten un desplazamiento a lo largo de las pantallas de visualización de datos. Sin embargo se puede observar que las alturas de trabajo de la mesa así como el videowall generan que se adopten posturas inadecuadas, para observar las PVD. En la Tabla 4 se detalla la medición de estos parámetros.

Tabla 4. Medición de alturas de la estación de trabajo en los Centros de Control.

Dimensiones	Centro de control planta de tratamiento de aguas N°01	Centro de control planta de tratamiento de aguas N°02
Altura videowall (mm)	2,100	1,780
Altura mesa escritorio (mm)	720	730
Altura de monitor principal 32" (4:3)	1,308	1,318
Altura botonera de alarma general (mm)	1,480	1,450

Estudio antropométrico

Los resultados de las mediciones antropométricas realizadas a los trabajadores de los puestos de operador de manejo de aguas se muestran en la Tabla 5 (n=4).

Tabla 5. Mediciones antropométricas de los operadores de manejo de aguas en mm.

Dimensiones	T1	T2	T3	T4	x	D.E.
1. En posición de pie						
Estatura	1,689	1,647	1,701	1,558	1,399	477
Altura ojos	1,582	1,547	1,591	1,453	1,543	63
Altura hombro	1,381	1,372	1,386	1,272	1,353	54
Altura codo flexionado	1,066	1,031	1,070	981	1,037	41
2. En posición sentado						
Altura ojos sentado	1,210	1,145	1,216	1,112	1,171	51
Altura hombro sentado	1,012	976	1,018	933	985	39
Altura codo sentado	663	625	666	612	642	27
Altura poplítea	422	404	430	383	410	21
Anchura cadera sentado	352	369	353	373	362	11

Evaluación de la gestión de alarmas

En las Plantas de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02 existen 17 tipos de alarmas visibles y audibles que pueden detectarse en cada centro de control. Se establecieron 03 niveles de prioridad en orden descendente, priorizando las de primer nivel a las correspondientes en seguridad y salud tal como figura en la Tabla 6.

Tabla 6. Cuantificación de alarmas activas en los centros de control de las Plantas de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02.

Prioridad	Alarma	Centro de control planta de tratamiento de aguas N°01	Porcentaje de alarmas por nivel de prioridad	Centro de control planta de tratamiento de aguas N°02	Porcentaje de alarmas por nivel de prioridad	Meta Porcentaje de alarmas por nivel de prioridad
		Frecuencia (N° de veces que se activa/ turno)		Frecuencia (N° de veces que se activa/ turno)		
Nivel 01	Nivel de PH	12	55%	15	64%	15%
	Presión de lechada de cal	18		20		
	Presión de aire	12		8		
	Cuarto de	N/A		30		

	preparación de reactivos					
	Sistema contra incendios	1		1		
	Nivel bajo tanque cal ARD-3	4		4		
	Nivel alto tanque cal ARD-3	6		6		
	Nivel bajo tanque alimentación floculante	7		3		
	Nivel alto tanque poza ARD17	N/A		6		
Nivel 02	Nivel de flujo	20	32%	10	7%	40%
	Derrame de ácido sulfúrico	15		N/A		
	Activación manual de ducha lavaojos	0		0		
Nivel 03	Alta temperatura MCC	15	14%	22	29%	45%
	Nivel bajo de tanque potable mina	N/A		4		
	Nivel alto de tanque potable mina	N/A		8		
	Nivel alto de rbc mina	N/A		4		
	Nivel alto de rbc procesos	N/A		4		
Total de alarmas		110	100%	145	100%	100%
Promedio de N° de alarmas en el turno/h		9		12		
Meta de N° de alarmas en el turno/h según ISO 11064-5		<6/h		<6/h		

Se pudo observar que el promedio de alarmas activadas por hora en cada centro de control sobrepasa las 6 alarmas/h establecidas según la tabla “métricas y objetivos clave del desempeño del sistema de alarma” (AENOR, 2006). Siendo la Planta de Tratamiento de Aguas N°02 la que genera mayor activación de alarmas durante el turno de trabajo.

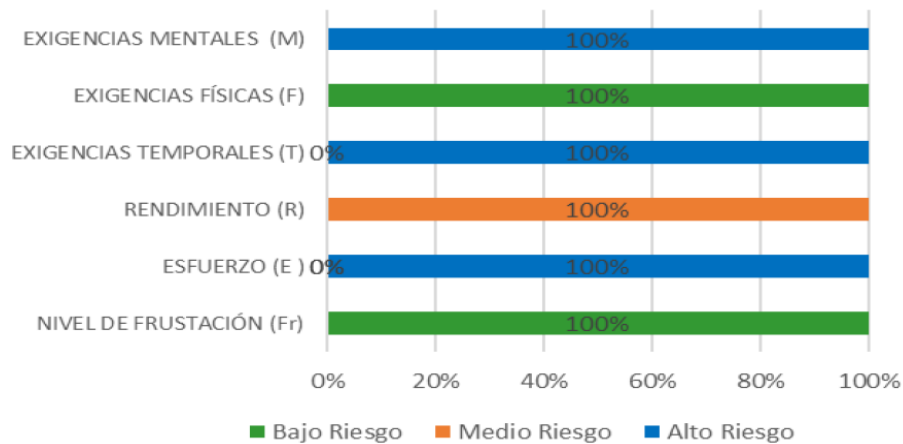
Se identificó que los sensores de gas SO₂ en el cuarto de preparación de reactivos se encontraban descalibrados siendo causante de falsos positivos en la activación de alarmas.

Evaluación de la carga mental

La evaluación se basó en la metodología NASA-TLX, de seis variables: DM (Demanda Mental), DF (Demanda Física), DT (Demanda Temporal), NL (Nivel de Logro), NE (Nivel de Esfuerzo) y NF (Nivel de Frustración). Las Figuras 6 y 7 presentan los gráficos de estos indicadores para una escala de valores porcentuales entre 0% y 100%, donde 0% representa el valor más bajo y 100% el valor más alto.

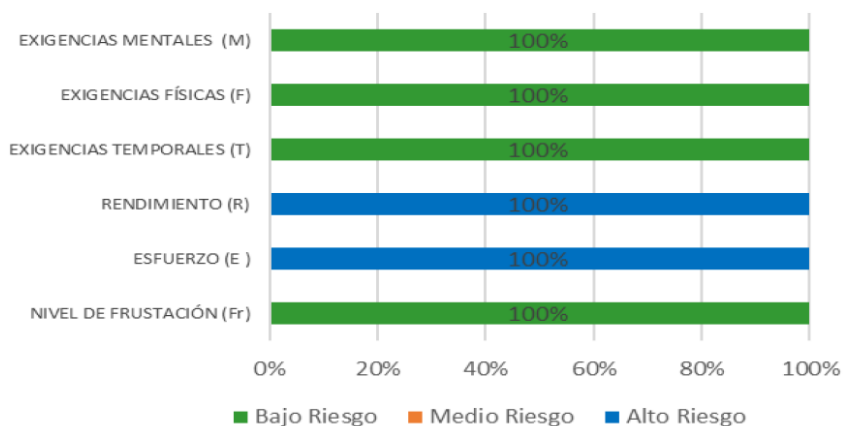
En la Figura 6 se puede observar una gran exposición de carga mental como factor de riesgo laboral en los evaluados. Presenta nivel alto en las variables de Exigencias Temporales, Exigencias Mentales y Esfuerzo, nivel medio en la variable Rendimiento y nivel bajo en la variable Exigencias físicas y Frustración.

Figura 6. Resultados por variables de puesto operador de manejo de aguas de Planta de Tratamiento de Aguas N°01.



En la Figura 7 se puede observar una gran exposición de carga mental como factor de riesgo laboral en los evaluados. Presenta nivel alto en las variables de Rendimiento y Esfuerzo y nivel bajo en las variables Exigencias físicas, Exigencias Temporales, Exigencias Mentales y Frustración.

Figura 7. Resultados por variables de puesto operador de manejo de aguas de Planta de Tratamiento de Aguas N°02.



Evaluación de los requisitos ambientales de la UNE EN ISO 11064-6:2009

Se desarrolló la evaluación de los requisitos ambientales de calidad de aire, acústicos y lumínicos en los centros de control de Planta de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02.

Tabla 7. Resultados de evaluación de requisitos ambientales respecto a la UNE EN ISO 11064-6:2006 (AENOR, 2006).

Agente	Calificación	Centro de control Planta de Tratamiento de Aguas N°01	Cumplimiento	Centro de control Planta de Tratamiento de Aguas N°02	Cumplimiento
Temperatura ambiental (Ta)	23°C - 26°C (verano) 20°C - 24°C (invierno)	21,9°C	Cumple	22,8°C	Cumple
Δ Temperatura ambiental a 1,1 m y 0,1 m (Ta)	< 3°C	2°C	Cumple	1,4°C	Cumple
Temperatura ambiental suelo (Ta)	19°C - 26°C	21,0°C	Cumple	20,7°C	Cumple
Asimetría temperatura radiante a superficies verticales frías suelo (Ta)	< 10°C (invierno)	1,5°C	Cumple	2°C	Cumple
Humedad relativa (% Rh)	30% - 70%	41%	Cumple	39%	Cumple

Velocidad de aire (m/s)	< 0,15 m/s	0,02 m/s	Cumple	0,11 m/s	Cumple
Concentración de dióxido de carbono (ppm)	910 ppm	740 ppm	Cumple	200 ppm	Cumple
Nivel de iluminación	500 lux	2100 lux	No Cumple	320 lux	No Cumple
Índice de deslumbramiento (UGR)	19	16	Cumple	16	Cumple
Luminancia promedio de pantallas I y II	1000 cd/m2	300 cd/m2	Cumple	300 cd/m2	Cumple
Nivel de ruido ambiente	45 LAeq T	48,9 LAeq T	No Cumple	44,5 LAeq T	Cumple

Desarrollo de entrevistas para la propuesta de intervención

Las entrevistas estructuradas realizadas a los trabajadores del puesto operador de manejo de aguas en los centros de control de la Planta de Tratamiento de Aguas N°01 (N=03) y Planta de Tratamiento de Aguas N°02 (N=03) se desarrollaron en cada guardia de trabajo durante actividades del turno día (mayor presencia de personal contratista circundante y actividades propias en campo). En la Tabla 8 se muestra la relación de preguntas en base a los criterios de diseño ergonómico de la estación de trabajo de la guía EEMUA 201, pantallas y controles de la norma UNE EN ISO 11064-5:2008 (AENOR, 2008) y requisitos ambientales UNE EN ISO 11064-6:2006 (AENOR, 2006). Asimismo se solicitó a los trabajadores asociar una variable cognitiva para cada aspecto de diseño ergonómico del centro de control.

Tabla 8. Batería de preguntas de aspectos de diseño ergonómico de los centros de control.

Aspecto	Pregunta	Comentario Operador Control Room Planta N°01	Comentario Operador Control Room Planta N°02
Estación de trabajo	¿Es el techo de la sala de control suficientemente alto? ¿Las sillas son adecuadas para usar? ¿Se proporcionan los dispositivos de comunicación requeridos en el escritorio?	Sillas con respaldar en mal estado. No se cuenta con dispositivo de comunicación para escuchar e interactuar. Variable asociada: Esfuerzo	No se cuenta con dispositivo de comunicación para escuchar e interactuar. Variable asociada: Esfuerzo

<p>Pantallas de visualización de datos (PVD)</p>	<p>¿Puede el operador realizar sus tareas de forma fiable utilizando el número y tamaño de las pantallas previsto? ¿Son las pantallas grandes adecuadas para su uso previsto? ¿Son visibles las pantallas grandes?</p>	<p>Pantalla de escritorio (Uso de MS Office) es muy grande. Monitor videowall de cámaras de pozas se encuentra en parte superior del techo. No permite visibilidad a la altura de la vista. Monitor central de PI Vision genera mucho reflejo y es muy grande (32”). Variable asociada: Esfuerzo</p>	<p>Monitor central de PI Vision genera mucho reflejo y es muy grande (32”). Monitor central de PI Vision se encuentra girado. Variable asociada: Esfuerzo</p>
<p>Interacción de interfaz humano sistema</p>	<p>¿Han sido los gráficos desarrollados con el explícito objetivo de proporcionar al operador la información que necesitan? ¿Se usan los colores consistentemente en cada gráfico y pantalla? ¿Son gráficos de control útiles proporcionados?</p>	<p>El monitor central de PI visualiza los parámetros de las 02 Plantas pero la información de los parámetros de la Planta Pucauran se ven en un área reducida. Variable asociada: Esfuerzo</p>	<p>No genera inconveniente. Variable asociada: Esfuerzo</p>
<p>Requisitos ambientales</p>	<p>¿Son adecuados los niveles de iluminación? ¿Se proporcionan persianas o similares para controlar la luz natural de ventanas? ¿El centro de control tiene una temperatura adecuada? ¿La calidad del aire es suficiente? ¿Los arreglos previenen exposición a corrientes de aire? ¿Son adecuados los niveles de ruido?</p>	<p>Iluminación baja de noche. Persianas americanas horizontales malogradas, permiten que la luz entre. Variable asociada: Esfuerzo</p>	<p>Iluminación baja de noche. Variable asociada: Esfuerzo</p>
<p>Alarmas</p>	<p>¿Las alarmas solo están dirigidas a un lugar o hay una disposición adecuada? ¿Está claro cómo responder a las alarmas?</p>	<p>No genera inconveniente. Se realiza comunicación con Jefe de guardia. Variable asociada: Demanda mental</p>	<p>No genera inconveniente. Variable asociada: Demanda mental</p>

<p>Sistemas de comunicación</p>	<p>¿Los sistemas proporcionan mensajes rápidamente inteligibles a todas las áreas donde el operador se encuentra?</p>	<p>La frecuencia radial 7 que se utiliza en Planta y el operado no tiene buena recepción de señal en planta ni al ingreso, lo que genera que el operador de centro de control tenga que llamar por celular al operador llevando a demoras en la comunicación ya que la planta tiene un nivel de ruido alto y se requiere trasladarse a lugares alejados para escuchar la comunicación del Operador del centro de control. Variable asociada: Demanda mental</p>	<p>No genera inconveniente. Variable asociada: Demanda mental</p>
---------------------------------	---	--	--

Discusión

Los resultados obtenidos de la evaluación de carga mental de los operadores de centro de control de Planta de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02 en la variable Esfuerzo (E) caracterizan actividades de alta complejidad y que requieren de esfuerzo mental para alcanzar los objetivos. Tomando en base los resultados de las entrevistas con el personal, se argumenta el nivel alto de las variables Exigencias Mentales (EM) y Esfuerzo (E) del operador de centro de control de la Planta de Tratamiento de Aguas N°01, es mayor que el de la N°02, debido a los aspectos ambientales de cada centro de control, siendo el de la Planta de Tratamiento de Aguas N°01 donde se halló mayor número de desvíos en el confort lumínico, acústico, así como problemas en la comunicación radial y riesgo biomecánico por posturas forzadas en Pantallas de Visualización de Datos (PVD). Respecto a la gestión de alarmas se pudo identificar que tanto la Planta de Tratamiento de Aguas N°01 y N°02, sobrepasan la cantidad de alarmas activadas por hora recomendadas por la UNE EN ISO 11064-5:2008 (AENOR, 2008).

Conclusiones

Los resultados de la investigación hallaron que los aspectos ergonómicos de la carga mental y física postural de los operadores de manejo de aguas están influenciados en las condiciones ambientales de los centros de control, lo que demanda ciertas modificaciones en la infraestructura de los ambientes de trabajo. Es por ello, que para reducir la carga mental se recomienda evaluar de forma integral el puesto de trabajo. El puesto de trabajo de operador de manejo de aguas desde el enfoque de la carga física dinámica, demanda un nivel de esfuerzo físico de baja intensidad, encontrándose el porcentaje de carga cardiovascular promedio de la jornada de 09 horas, por debajo del 40% de carga cardiovascular.

Se recomienda mejorar el mobiliario de trabajo, adquiriendo sillas ergonómicas de escritorio que permitan regular la altura de los reposabrazos. En cuanto a las pantallas de visualización, deben cumplir con una altura adecuada que evite la flexión en la región cervical así como altos niveles de brillo, tanto el videowall como los monitores principales en los centros de control.

Para la propuesta de intervención en los centros de control se recomienda implementar lo siguiente:

Carga física postural

- Implementar procedimiento de pausas activas y controles contra la fatiga para el personal operador de manejo de aguas.
- Establecer zona de descanso para personal en los centros de control.

Pantallas de visualización de datos

- Reducir la altura de visualización del Videowall de cada centro de control a 1,59 m.
- Reducir la altura de visualización del monitor principal de cada centro de control a 1,21 m.
- Cambiar los monitores principales de 32" (4:3) a de 27" (16:9) con menor brillo.

Mobiliario ergonómico

- Cambiar las sillas ergonómicas con respaldares que tengan un mínimo de altura de 1,07 m.
- Implementar reposapiés, reposamuñecas, mouse pad y mouses ergonómicos.

Requisitos ambientales

- Implementar persianas americanas nuevas en centro de control de Planta de Tratamiento de Aguas N°01.
- Rediseñar y aumentar el nivel de iluminación en los centros de control.

Comunicación

- Implementar un repetidor de señal de frecuencia radial N°07 en centro de control de Planta de Tratamiento de Aguas N°01.

Alarmas

- Calibración y renovación de los sensores de gas del sistema de detección y alarma del cuarto de preparación de reactivos de Planta de Tratamiento de Aguas N°02.
- Realizar mantenimiento de la alarma del sistema contraincendios en Planta de Tratamiento de Aguas N°02.

Referencias

- AENOR. (2006). UNE-EN ISO 11064-6:2006. *Diseño ergonómico de centros de control. Parte 6: Requisitos ambientales para centros de control*. Madrid, España.
- AENOR. (2008). UNE-EN ISO 11064-5:2008 *Diseño ergonómico de los centros de control. Parte 5: Dispositivos de visualización y comandos*. Madrid, España.
- Apud, E., Meyer, F., Maureira, F., Lagos, S., Espinoza, J., & Lecanelier, E., (2002). *Ergonomía en el combate de incendios forestales*. Universidad de Concepción.
- Ding, Y., Cao, Y., & Wang, Y. (2020). Physiological Indicators of Mental Workload in Visual Display Terminal Work. *AHFE 2019*, 86–94. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20142-5_9
- EEMUA. (2019). *Control Rooms: A guide to their specification, design, commissioning, and operation Publication 201* (3.era Ed.). London, United Kingdom: The Engineering Equipment and Materials Users Association.
- INACAL. (2021). *RTP-ISO/TR 12295:2021 Ergonomía. Documento para la aplicación de las normas internacionales en manipulación manual (ISO 11228-1, ISO 11228-2 e ISO 11228-3) y la evaluación de las posturas estáticas de trabajo (ISO 11226)*. Lima , Perú.
- Mohammadian, M., Parsaei, H., Mokarami, H., & Kazemi, R. (2022). Cognitive demands and mental workload: A filed study of the mining control room operators. *Heliyon*, 8(2), eo8860. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.eo8860>