



# **Serie Documentos de Trabajo**

Superintendencia de Seguridad Social  
Santiago - Chile

**DOCUMENTO DE TRABAJO N° 14**

**Estudio de los efectos de la exposición intermitente a gran altitud sobre la salud de trabajadores de faenas mineras.**

Escuela de Salud Pública, Universidad de Chile

Julio 2018





## **SUPERINTENDENCIA DE SEGURIDAD SOCIAL**

### **SUPERINTENDENCE OF SOCIAL SECURITY**

La Serie Documentos de Trabajo corresponde a una línea de publicaciones de la Superintendencia de Seguridad Social, que tiene por objetivo divulgar trabajos de investigación y estudios realizados por profesionales de esta institución, encargados o contribuidos por terceros. El objetivo de estas publicaciones es relevar temas de interés para las políticas de seguridad social, difundir el conocimiento adquirido e incentivar el intercambio de ideas.

Los trabajos aquí publicados tienen carácter preliminar y están disponibles para su discusión y comentarios. Los contenidos, análisis y conclusiones expresados son de exclusiva responsabilidad de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente la opinión de la Superintendencia de Seguridad Social.

Si requiere de mayor información, o desea contactarse con el equipo editorial, escriba a: [publicaciones@suseso.cl](mailto:publicaciones@suseso.cl).

Si desea conocer otras publicaciones, artículos de investigación y proyectos de la Superintendencia de Seguridad Social, visite nuestro sitio web: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

The Working Papers Series of the Superintendence of Social Security disseminates research and policy analysis conducted by its staff, outsourced or contributed by third parties. The purpose of the series is to discuss issues of interest for the social security policies, expose new knowledge and encourage the exchange of ideas.

These papers are preliminary research reports intended for discussion and comments. The contents, analysis and conclusions presented are solely the responsibility of the author(s), and do not necessarily reflect the position of the Superintendence of Social Security.

For further information, or to contact the editors, please write to: [publicaciones@suseso.cl](mailto:publicaciones@suseso.cl).

For other publications, research papers and projects of the Superintendence of Social Security, please visit our website: [www.suseso.cl](http://www.suseso.cl).

Superintendencia de Seguridad Social  
Huérfanos 1376  
Santiago, Chile.

## **Informe N° 5**

# **“Informe Final Seguimiento Cohorte año 2017”**

***Estudio de los efectos de la exposición intermitente  
a gran altitud sobre la salud de trabajadores de faenas mineras***

Licitación ID: 1607-13-LQ17

Ing. Nella Marchetti Pareto  
Director de Proyecto

Dra. Carolina Nazzari Nazal  
Jefe de Proyecto

Programa de Salud Ocupacional y  
Programa de Epidemiología  
Escuela de Salud Pública  
Universidad de Chile

Santiago, julio 2018

***Equipo Investigador***

Nella Marchetti Pareto

Carolina Nazzal Nazal

Daniel Jiménez Espinoza

Sergio Muñoz Navarro

Patricia Frenz Yonechi

Natalia Lucero Mondaca

Gonzalo Correa Montt

Patricia Flores Morales

Alisson Zevallos

Diana Alcantara

## INDICE

Resumen Ejecutivo.....	5
I. Introducción .....	11
II. Metodología .....	16
III. Resultados .....	27
III.1 Caracterización general de la cohorte .....	27
III.1.1 Identificación de número de trabajadores contactados telefónicamente, trabajadores evaluados medicamente, trabajadores evaluados con exámenes de apoyo diagnóstico, trabajadores ingresados a la cohorte.....	27
III.1.2 Características generales .....	32
III.1.3 Características de hábitos.....	33
III.2 Efecto de las condiciones de trabajo y de empleo sobre la salud de los mineros profesionales.....	33
III.2.1 Sobre su salud general y cardiovascular (hipertensión arterial reactiva).....	33
III.2.2 Sobre su condición neuropsicológica y evaluación de lesiones subcorticales.....	41
III.2.3 Sobre su condición de enfermedad de altura.....	43
III.2.4 Sobre su condición metabólica: obesidad/sobrepeso/dislipidemia.....	43
III.2.5 Sobre su condición en el sueño .....	48
III.2.6 Sobre su condición oftalmológica (cataratas) .....	48
III.2.7 Sobre los accidentes de trabajo.....	49
III.2.8 Análisis multivariados y longitudinal .....	53
IV. Discusión y Conclusiones .....	63
V. Recomendaciones y propuestas .....	64
V.1 Propuestas de medidas preventivas y correctivas que pueden ser implementadas por los organismos administradores del seguro de la Ley N° 16744.....	65
V.2 Plan de trabajo que permita la continuidad operacional a la ejecución del estudio, que incluya las recomendaciones para efectuar el seguimiento a la cohorte determinada.....	65
V.3 Taller de capacitación y difusión que considere la transferencia de conocimiento	65
VI. Bibliografía .....	66
VII. Anexos.....	69
Base de datos (formato propuesto por SUSES) y anexos solicitados según licitación	

## Glosario

<b>Sigla</b>	<b>Significado</b>
<b>AM</b>	Antes de meridiano
<b>CASEN</b>	Encuesta de Caracterización Socioeconómica
<b>CVS</b>	Encuesta Calidad de Vida y Salud
<b>DM</b>	Diabetes mellitus
<b>DS</b>	Desviación Estándar
<b>EIAG</b>	Exposición intermitente a gran altitud
<b>ECG</b>	Electrocardiograma
<b>ENETS</b>	Encuesta Nacional de Condiciones de Empleo, Trabajo, Salud y Calidad de Vida de los trabajadores y trabajadoras en Chile
<b>ENS</b>	Encuesta Nacional de Salud
<b>ESP</b>	Escuela de Salud Pública
<b>FRPS</b>	Factores de Riesgo Psicosociales
<b>GHQ-12</b>	Cuestionario de Salud General de Goldberg
<b>HTA</b>	Hipertensión arterial
<b>I/ED</b>	Intra Dimensional / Extra Dimensional Shift
<b>IMC</b>	Índice de Masa Corporal
<b>LLQ</b>	Cuestionario de Lake Louise
<b>MAM</b>	Mal Agudo de Montaña
<b>M.S.N.M.</b>	Metros Sobre el Nivel del Mar
<b>MOT</b>	Tareas Motoras
<b>N</b>	Tamaño muestral
<b>OAL</b>	Organismo Administrador de la Ley 16.744
<b>PAL</b>	Memoria y aprendizaje visual
<b>PM</b>	Pasado Meridiano
<b>RTI</b>	Velocidad de Respuesta Motora y Mental
<b>Sat O2</b>	Saturación de Oxígeno
<b>SOC</b>	Stockings of Cambridge
<b>SUSESO</b>	Superintendencia de Seguridad Social
<b>SWM</b>	Retención y Manipulación Viso-Espacial

## RESUMEN EJECUTIVO

A continuación, se presentan en el Informe N°5 y Final los resultados obtenidos en el tercer año del “Estudio de los efectos de la exposición intermitente a gran altitud en la salud de trabajadores de faenas mineras en Chile”, y del segundo año de seguimiento de la cohorte de trabajadores participantes.

Cabe destacar la colaboración de las empresas y trabajadores a quienes queremos expresar nuestro agradecimiento.

La metodología del estudio en el 2017 abarcó en una primera fase, un taller de análisis crítico de la evidencia recolectada en los años anteriores y el diseño del plan de trabajo que incluyó la coordinación con la SUSESO, las empresas, y trabajadores participantes; las actividades para el seguimiento; ingreso de la información a la base de datos y la definición de los mecanismos de aseguramiento de calidad de los mismos; las actividades definidas en el plan de análisis, y la estrategia de disseminación de resultados (presentaciones a Congresos y publicación científica). En esta fase además se realizaron reuniones con los miembros del equipo asesor a fin de recibir sus comentarios y sugerencias de acuerdo con los resultados obtenidos.

A continuación, se dio inicio al trabajo de campo para la evaluación de los trabajadores de la cohorte en las 6 empresas mineras durante los meses de septiembre y diciembre. Los equipos de profesionales evaluadores debidamente capacitados se desplazaron a terreno permaneciendo en la faena durante 15 a 20 días. Se examinaron trabajadores de los turnos de día y de noche. La aplicación completa de la batería de evaluación tenía una duración aproximadamente de 2.30 horas por individuo, el promedio diario de trabajadores evaluados fue de 8. Para la evaluación 2017 el equipo investigador definió además de los exámenes comprometidos en el contrato, la evaluación de Proteína C-reactiva Ultrasensible e Interleucina-6. Estos son biomarcadores inespecíficos de inflamación asociados a diversos cuadros clínicos, hipoxia, trastornos del sueño, riesgo cardiovascular y hábitos no saludables. La Interleucina-6 también se ha asociado a compromisos cognitivos. También se inició la toma de Rx de tórax a los trabajadores de las empresas del estrato bajo, que no tienen la obligatoriedad de realizar este examen de acuerdo a la normativa de Hipobarria del MINSAL. Con el fin de analizar el efecto de la exposición a distintas altitudes sobre la siniestralidad laboral de cada empresa, se solicitó a la SUSESO los indicadores de Accidentabilidad y Enfermedades Profesionales de los años 2015, 2016 y 2017 del Sistema Nacional de Información de Seguridad y Salud en el Trabajo (SISESAT). Los trabajadores seleccionados que no asistieron a las evaluaciones por razones de salud, vacaciones u otras, se contactaron telefónicamente y se les aplicó una encuesta de salud.

Todas las actividades del trabajo de campo quedaron registradas en una bitácora diaria. Asimismo, los datos de seguimiento de los trabajadores evaluados y sus resultados

fueron debidamente tabulados y registrados en dos bases de datos, y sometidas a un procesamiento de evaluación de la calidad, haciendo validación por rangos de consistencia y de datos faltantes. Con esta base de datos (maestra) se procedió a la generación de las variables de análisis, constituyendo de esta forma la base de datos para análisis. Las bases de datos maestras contienen los datos recolectados con todos los instrumentos de medición utilizados en el estudio en cada una de las mediciones. Finalizado este proceso se generaron las bases de datos para análisis para cada año del estudio y para el análisis longitudinal. La base de análisis longitudinal tiene un formato a lo ancho, donde cada variable es registrada en tres columnas de datos. Las bases de datos se sometieron a evaluación de la calidad de los datos, utilizando herramientas descriptivas y gráficas, por rangos de consistencia y datos faltantes.

El análisis estadístico comprendió varias etapas, las que se describen a continuación:

1. Análisis descriptivo que permite caracterizar a la muestra de los sujetos en estudio
2. Análisis comparativo crudo de las variables de resultado según estratos de altitud.
3. Finalmente, se construyeron modelos estadísticos para estimar el efecto de la exposición a altura y las distintas variables de resultado para el año 2017, así como modelos que incluyen el ajuste de la medición 2016.
4. El análisis longitudinal consideró la estimación de prevalencias de periodo para las variables categóricas y la diferencia de los promedios para las variables continuas ajustando por covariables (edad, nivel educacional, trabajo en altura sobre 3000 m, sueño alterado, obesidad/sobrepeso).

#### Caracterización general de la cohorte.

La cohorte comprende un total de 561 trabajadores de los cuales se han evaluado 498 individuos 422 presenciales; 30 no presenciales; 44 han sido desvinculados (4 desvinculados por motivos de salud y 40 por otros motivos) ; 46 han sido reemplazados; 18 no pudieron ser contactados y 1 renunció al estudio. En resumen, 520 trabajadores fueron seguidos (516 activos y 4 desvinculados por motivos de salud) y se tiene una pérdida de seguimiento de 41 trabajadores.

La edad media de los sujetos es de 38.9 años, sin diferencias significativas entre los estratos de altura

#### Efecto de las condiciones de trabajo.

Los trabajadores reportan en promedio 14,5 años de trabajo en la minería, con permanencia más prolongada en el estrato medio; reportan 13,1 años haciendo trabajo por turnos y 9,2 años en la misma empresa. La percepción del esfuerzo físico según Escala de Borg CR-10 se sitúa en promedio en un nivel cercano al del trabajo pesado, con mayor puntaje en los estratos medio y alto, sin diferencias estadística significativas.



La percepción de trabajo pesado es manifestada por más de 50% de los trabajadores, también sin encontrarse diferencias significativas entre los estratos.

Se preguntó sobre 12 factores de riesgos ocupacionales seleccionados para agentes físicos, químicos, psicosociales y ergonómicos, así como la eventualidad de accidentes y enfermedades profesionales. En 9 de los 12 factores la percepción de la magnitud es similar en los tres estratos. Hay diferencia en el estrato alto de mayor percepción para cambios bruscos de temperatura y claramente menor en el estrato bajo. Igualmente se encontró diferencia significativa de la percepción de la inhalación a polvos, además de falta de oportunidades de promoción, pero no vinculadas a la altura.

La percepción de enfermedad laboral en los últimos 12 meses es mayor en el estrato alto, mientras que respecto de enfermedades comunes y accidentes no hay diferencias.

Para detectar enfermedades crónicas de mayor prevalencia se realizó un examen clínico y de laboratorio. La hipertensión arterial, asma, dislipidemia, infarto de miocardio, accidente vascular y cáncer en los últimos 10 años, se distribuyó en forma homogénea en los tres estratos.

El tabaquismo actual fue mayor en el estrato bajo en comparación con los estratos medio y alto, mientras que la prevalencia de bebedor problema fue menor en el estrato medio, sin diferencias significativas.

El IMC, circunferencia cervical, abdominal, presión arterial, y frecuencia cardíaca, no presentaron diferencias significativas entre estratos. Se observa que el IMC es elevado uniformemente.

La hipertensión arterial el día del examen alcanzó a cifras entre 11,9 y 15,5% sin diferencias significativas entre los estratos. Esta prevalencia es mayor a lo reportado por los trabajadores como antecedente personal de hipertensión. La discordancia es mayor en el estrato alto donde solo 3,1% reconoce su hipertensión, mientras que la hipertensión arterial fue de 14,4%. El nivel de saturación de oxígeno (%), por estrato fue de 90,4 en el bajo, 94,5 en el medio y 89,7 en el alto, en correspondencia con el nivel de exposición a altitud.

No se encontró diferencia en ausencia de rojo pupilar como signo de opacidad del cristalino (cataratas). El signo Pterigion en grados 2 y 3 se presentó con menor prevalencia en el estrato bajo, a diferencia de la prevalencia de Mallampatti en grados III/IV, que se observó menor en el estrato medio. La presencia de varicocele en todos sus grados fue más prevalente en el estrato alto, mientras que al examen sin maniobras de Valsalva las prevalencias son menores a 1%.

En cuanto a resultados de electrocardiogramas no hay diferencias significativas en los parámetros evaluados entre los diferentes estratos, excepto en la frecuencia cardíaca e intervalo R-R correspondiente a estas frecuencias cardíacas, entre el estrato medio y alto, señalando mayor frecuencia cardíaca a gran altitud, en consonancia con la hipoxia hipobárica.

Respecto de alteraciones neurocognitivas evaluadas mediante CANTAB se observan diferencias significativas en medidas de destreza motora que miden precisión; el estrato alto presenta valores mayores que el estrato bajo, igualmente presenta mayor tiempo de reacción y peor rendimiento en pruebas de atención, en relación con el estrato bajo. El estrato medio presenta mejor rendimiento en comparación con el estrato bajo.

#### Enfermedad de altura

El 4,3% presenta mal agudo de montaña (LLQ alterado), en todos los estratos, el mismo día de la evaluación, efectuada entre el 4º y 6º día del turno. Sin embargo, la prevalencia de esta alteración el primer día del turno sigue una tendencia vinculada al nivel de altitud de la exposición, en el estrato alto es de 18,8%, en el medio es 10,9 % y en el bajo 3,9%, siendo estas diferencias estadísticamente significativas. Durante las tres evaluaciones del estudio, 2015, 2016, 2017 las cifras de LLQ alterado en el día 1 han fluctuado entre 18,8% y 28,4% en los expuestos del estrato alto, siendo menor a 11% en los estratos medio y bajo.

#### Condición metabólica

Se observa que la distribución de lípidos, colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos no guardan relación con la altitud, mientras que colesterol HDL mostró valores mayores en el estrato bajo. Los niveles glicemia guardan relación con los niveles de exposición a altitud, no alcanzando diferencia estadísticamente significativa en el estrato alto.

El efecto de la altitud en el hematocrito y hemoglobina es evidente; en el estrato bajo los respectivos valores son 46,8% y 15,7 gr/dl, mientras que en estrato alto son 51,9%. En el estrato alto son mayores que los reportados en estudios de exposición intermitente a niveles de altitud semejantes.

La proteína C reactiva ultrasensible presentó una media sobre 2mg, sin diferencias significativas entre los estratos (se considera anormal sobre 1mg). La prevalencia de niveles en riesgo medio (1 a 3 mg) y alto (mayor de 3 mg) fue de 42,7% y 17,7%, sin diferencias entre los estratos, sugiriendo la presencia de algún proceso inflamatorio.

El análisis de interleucina -6, otro indicador de inflamación mostró una gradiente significativa de aumento de sus valores con la mayor altitud. No se encontró relación entre nivel de PCRus y nivel de interleucina-6.

#### Condición de sueño.

Respecto de la calidad del sueño, la presencia de insomnio de conciliación no mostró diferencias significativas entre estratos, tampoco turnos de noche y de día. No obstante, la alteración del sueño medida como horas totales menores a 6 es mas prevalente en el estrato alto en turnos de noche y de día, siendo 54,2% y 48,1%, respectivamente. En todos los estratos aumenta la prevalencia de alteración del sueño en 10 puntos en turnos de noche respecto al de día. En consecuencia, se puede observar que la condición más desfavorable ocurre en trabajadores expuestos a más de 3 900m y trabajando en turno de noche.

## Accidentes del trabajo

En los años 2015, 2016 y 2017 se registraron 7 accidentes del trabajo en 517 trabajadores de la cohorte, la tasa de accidentabilidad por 100 trabajadores por año es menor en el estrato bajo respecto al medio y alto. Al comparar los estratos se comprueba que la tasa de accidentabilidad observada es 1,96 veces mayor en el estrato medio y 3,43 veces mayor en el estrato alto que en el estrato bajo, señalando una tendencia por efecto de la exposición a hipobaría.

## Análisis multivariado y longitudinal

Para cada variable de resultado se elaboraron tres diferentes modelos estadísticos: un modelo para la asociación entre variable de resultado 2017 y la de exposición a la altura por edad, nivel de educación trabajo sobre 3 000m nivel del mar y sobrepeso/obesidad; un modelo para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a altura ajustado por edad, nivel de educación trabajo sobre 3000m nivel del mar y sobrepeso/obesidad y por medición año 2016 y un modelo para la asociación entre ocurrencia del evento acumulado (en cualquier momento del estudio), y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel de educación, trabajo sobre 3 000m nivel del mar, y sobrepeso/obesidad. La prevalencia del período se define como aquel trabajador que presentó al menos un evento entre 2015 y 2017.

Se observa una mayor frecuencia de MAM en el día 1, en el estrato medio y alto, respecto al bajo. La prevalencia de MAM día 1 en los tres años del estudio alcanza una frecuencia de 5 veces más en el estrato alto que en el bajo.

Respecto a calidad del sueño, el estrato medio presenta menor frecuencia de sueño alterado en turno de día; no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los estratos en relación sueño alterado en turno de noche. Se observa que en el estrato alto el odds de horas de sueño disminuido en turno de día es de 4,4 veces respecto del estrato bajo, sin embargo, estas diferencias se diluyen en horas de sueño turno de noche. El estrato medio presenta la menor frecuencia de insomnio en turno de día. No se encontró evidencia suficiente respecto de diferencias en comparación de insomnio en turno de noche entre los estratos. Analizando los resultados de los tres métodos de evaluación de calidad de sueño utilizados, encuesta de Pittsburgh, horas totales de sueño menor a 6, e insomnio >30 minutos, se aprecia que el efecto de la exposición a hipobaría queda mas evidenciada por horas de sueño disminuidas menores de 6, en trabajadores por turnos, (OR 2,89 en turnos de día y OR 1,89 en turnos de noche), efectos que el cuestionario de Pittsburgh no pesquisa con igual potencia.

Para HTA se encontró mayor riesgo en los trabajadores del estrato medio y alto, sin embargo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Un 43-50% mostró mayor frecuencia en el estrato medio y alto en el periodo de tres años, aunque no significativa. Se aprecia que durante los tres años se han observado cambios en las prevalencias de HTA en los tres estratos.

El análisis de obesidad muestra mayor frecuencia en el estrato bajo en relación con el medio y alto, siendo solo el estrato medio estadísticamente significativo en los modelos 1 y 2.

Respecto de la saturación de O<sub>2</sub>, se observó que en el estrato bajo la saturación promedio fue 98%, en el medio disminuye 2,87 puntos porcentuales y en el alto 7,63 puntos porcentuales, en correspondencia con la altitud y la calidad de aclimatación.

En todos los modelos respecto de la percepción del esfuerzo físico, se observa que no hay relación con la altura.

Respecto de niveles de colesterol total, el estrato medio presenta mayor promedio, a su vez la mayor reducción en el tiempo.

El análisis de glicemia en ayunas muestra que el estrato medio presenta mayores niveles respecto del estrato bajo, los que se mantienen después de ajustar por la medición anterior. El estrato alto también muestra diferencias, pero no estadísticamente significativas.

Para la PCRus no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos el año 2017, tampoco para el modelo ajustado por la medición año 2016. Se observa aumento en el tiempo para la PCRus en todos los estratos. En el estrato medio la diferencia es -0,57 y en el alto es de -1,77 con respecto de la diferencia del estrato bajo.

El hematocrito y hemoglobina muestran valores mayores, estadísticamente significativos, para los estratos medio y alto, en comparación con el bajo.

Al comparar los resultados de exámenes tomados en faenas mineras con las evaluaciones realizadas por los OAL, se aprecia bastante concordancia en los resultados de peso y talla de 438 trabajadores. En terreno, la frecuencia cardiaca es 6-17 latidos mas elevada y la presión diastólica 8,6 mmHg mayor que en las mediciones en OAL, en todos los estratos. La presión sistólica es 9 mmHg mas elevada en el estrato alto que en OAL. Los lípidos colesterol total, LDL y triglicéridos, son mayores en terreno que lo informado por OAL, y el HDL reduce en faena, con mayor acentuación en el estrato alto, todo lo cual sugiere la influencia multifactorial de otros factores además de la hipobaría como alimentación y ejercicio en los días del examen en terreno. Las diferencias en los niveles de creatinina y glicemia entre OAL y faenas son menores. La hemoglobina se observa 0,8 grs mayor en el estrato alto que a nivel de los OAL (5% mas elevada), lo que es evidencia de la hemoconcentración fisiológica descrita en hipobaría. Esta hemoconcentración en altitud repercute en la tasa de prevalencia de poliglobulia, hemoglobina =>18,5 grs/dl. Mientras que los OAL encuentran 1,4% de portadores de poliglobulia sobre 3000 metros (estratos medio y alto), mediante la toma de exámenes en faena sobre 3000 metros, se pesquisa poliglobulia en el 22,6% de los expuestos. Este hallazgo es un argumento para considerar adecuaciones de interpretación de resultados de exámenes tomados sobre 3000 metros.

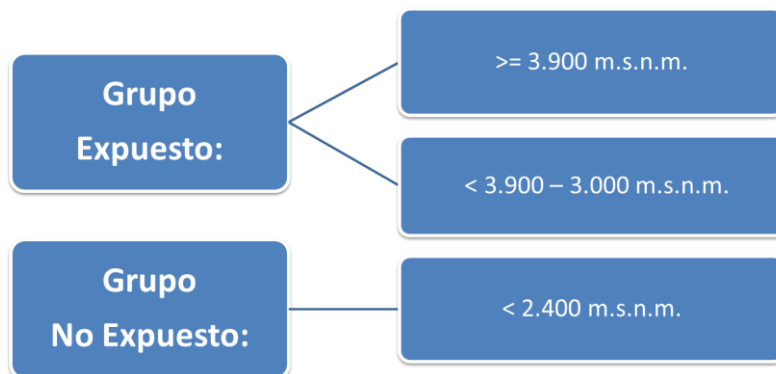
## I. INTRODUCCIÓN

En el año 2014 la Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO) licitó el “Estudio de los Efectos de la Exposición Intermitente a Gran Altitud en la Salud de Trabajadores de Faenas Mineras”, el cual fue adjudicado a la Escuela de Salud Pública (ESP) de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

El objetivo fue conformar la línea base de la cohorte para un seguimiento a 5 años, la que permitiría establecer el efecto de las condiciones de empleo y trabajo sobre la salud y calidad de vida de los trabajadores mineros expuestos a hipoxia hipobárica.

La exposición de interés es la altura geográfica medida en metros sobre el nivel del mar (m.n.s.m.), para tal efecto, fue estratificada en dos grupos de exposición como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Definición de expuesto, según nivel de altura



### I.1. Antecedentes del estudio

La muestra corresponde a una muestra compleja multietápica estratificada según el factor de exposición del estudio: altura geográfica en metros sobre el nivel del mar de las empresas mineras elegibles. En cada estrato se confeccionó un marco muestral de las compañías mineras existentes en Chile y que cumplieran con las características de elegibilidad: empresas mineras de categoría A, que, según clasificación del Servicio Nacional de Geología y Minería SERNAGEOMIN, corresponden a mineras que tienen un promedio igual o superior a 400 trabajadores durante un año. En cada marco muestral las empresas mineras pasaron a ser consideradas “conglomerados”.

El segundo semestre del año 2014 se realizaron las coordinaciones necesarias para dar inicio al reclutamiento de los trabajadores distribuidos en las 6 compañías mineras, ubicadas entre la primera y quinta región del país, seleccionadas aleatoriamente entre aquellas empresas que cumplieran los criterios de inclusión definidos como: mineras de categoría A según Sernageomin, ubicadas entre la I y V Región, con sistemas de turnos 7x7 y 4x4, jornada laboral de 12 horas y exposición completa o atenuada (12 horas) a altura geográfica, que hubieran aceptado participar del estudio.

En la segunda etapa de muestreo se procedió a hacer una selección aleatoria de las compañías para el estudio.

Tabla 1. Detalle de Empresas Mineras seleccionadas

Empresa minera	Región	Modalidad faena/descanso	Tipo de turno	Jornada diaria
4	I	OPERACIONES y CAMPAMENTO > 4.000 m.s.n.m Duermen arriba	7x7	12 horas
1	I	OPERACIONES y CAMPAMENTO > 4.000 m.s.n.m Duermen arriba	7x7	12 horas
5	V	OPERACIÓN 3.900 m.s.n.m Duermen abajo	4x4	12 horas
2	II	OPERACIONES Y CAMPAMENTO 3.050 m.s.n.m Duermen arriba	7x7	12 horas
3	III	OPERACIONES Camp/Residencia 800 m.s.n.m.	7x7	12 horas
6	II	OPERACIONES Camp/Residencia 2.370 m.s.n.m Duermen arriba	7x7	12 horas

Una vez seleccionadas se realizaron las siguientes actividades:

- Autorización formal por parte de la empresa (firma de consentimiento informado)
- Coordinación entre ambas partes (empresa y equipo investigador ESP)
- Visita de apertura: reunión con autoridades locales, cierre de compromisos, reconocimiento de instalaciones.
- Inducción y acreditación del equipo de terreno para realizar el trabajo de campo.
- Trabajo de campo realizado bajo las siguientes condicionantes:

- Fechas definidas por la compañía minera
  - Jornada de trabajo del equipo de terreno: 5x2
  - Rendimiento diario estimado:
    - 12 trabajadores por día (grandes empresas mineras)
    - 8 trabajadores por día (resto de empresas participantes)
  - Evaluación de los trabajadores entrantes al turno día y noche
  - Dos jornadas de evaluación diarias: 8:00 y 20:00 horas
  - Duración aproximada 02:30 horas por trabajador
  - Por razones fisiológicas no se evaluaron trabajadores el día primero ni séptimo del turno

Durante el año 2015 se comenzó el reclutamiento de los trabajadores que fueron seleccionados aleatoriamente y que cumplieron los siguientes criterios de inclusión:

- Hombre: dada la baja proporción de mujeres trabajadoras en procesos productivos en este tipo de empresas.
- Con contrato permanente en la empresa: se consideró la inclusión solo de trabajadores contratados por la misma minera con contrato permanente, excluyendo a los subcontratados, con el fin de minimizar las pérdidas de seguimiento.
- Permanencia  $\geq 2$  años y  $\leq 10$  años en la empresa: independiente del historial de exposición intermitente a gran altitud. Se excluyeron los 2 primeros años, ya que hay evidencia que en exposición intermitente el periodo de acomodación demora hasta 18 meses<sup>1, 2</sup>, quedando en adelante signos estabilizados que permiten caracterizar la calidad de la aclimatación y/o intolerancia a la hipoxia hipobárica, en relación con incidencia de Mal Agudo de Montaña en cada re-ascenso, disturbios del sueño, hipertensión arterial reactiva a la hipoxia y alteraciones de la hemoglobina, entre otros. Por otra parte, los trabajadores expuestos por más de 20 años podrían corresponder a un grupo particular en quienes se interpone el efecto de selección (sobrevivientes de los que renunciaron por intolerancia al turno noche/altura) y presentarían mayor edad. La selección se realizó entre quienes se desempeñen en la empresa minera entre 2 y 10 años (contratación entre el 01/01/2005 y el 31/12/2012), de modo de limitar el sesgo de sobrevivencia.
- Sistema de turnos (Día/Noche): para estimar el efecto de esta variable sobre la salud y calidad de vida.
- Edad  $\leq 50$  años: se seleccionaron en primera instancia a los trabajadores  $\leq 45$  años, y cuando fue necesario para alcanzar el tamaño de muestra se amplió el rango etario a  $\leq 50$  años.

<sup>1</sup> Proyecto FONDEF D-9711068. Tolerancia y aclimatación de trabajador minero y otros a la exposición intermitente a la altura. Universidad Arturo Prat, Université Paris-XIII, Mutual de Seguridad, Compañía Minera Collahuasi. Jefe Proyecto, Dr Julio Brito R.

<sup>2</sup>

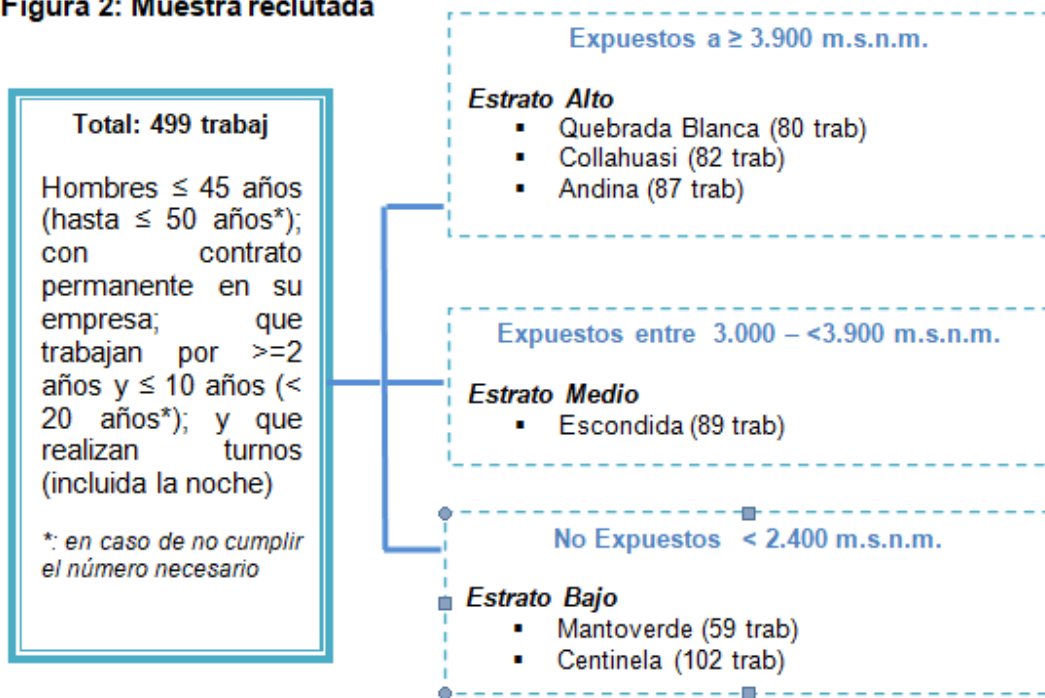
Antezana AM. and the Fondef Project. Cardiovascular changes in chronic intermittent hypoxia. In: Health & Height. Viscor G, Ricart A, Leal C, edits. Proceedings of the 5th World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology. Publications Universitat de Barcelona. Barcelona. 2003. pag 151-155.

En la selección no se consideró la conformación de una muestra en base a trabajadores voluntarios ni tampoco el uso de incentivos de ninguna naturaleza para los participantes.

El único criterio de exclusión fue que el trabajador seleccionado aleatoriamente aceptara participar verbalmente, pero que decidiera no firmar el Consentimiento Informado.

En la Figura 2 se detalla la composición de los tres estratos de exposición de los mineros que conformaron la muestra reclutada del año 2015.

**Figura 2: Muestra reclutada**



\*En 14 sujetos no se cumplió criterio de edad

Para el segundo año de estudio (2016), el objetivo general fue evaluar el impacto de las condiciones de trabajo y empleo sobre la salud de mineros que se desempeñan en distintos niveles de altura sobre el nivel del mar. En la tabla 2 se detalla el seguimiento realizado.



Tabla 2. Seguimiento año 2016 según mina

<b>Frecuencias</b>	<b>Total</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>545</b>	<b>86</b>	<b>89</b>	<b>69</b>	<b>98</b>	<b>91</b>	<b>112</b>
Evaluado	<b>454</b>	74	72	51	76	86	95
_ Presencial	<b>399</b>	67	67	41	59	82	83
_ No Presencial	<b>9</b>	1	5	0	1	0	2
_ Reemplazo	<b>33</b>	6	0	9	15	1	2
_ Incorporado	<b>13</b>	0	0	1	1	3	8
Desvinculado	<b>36</b>	6	3	9	15	1	2
_ Desvinculado por Salud	<b>1</b>	1	0	0	0	0	0
_ Desvinculado otros motivos	<b>35</b>	5	3	9	15	1	2
No Contactados	<b>55</b>	6	14	9	7	4	15
Renuncia estudio	<b>0</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Estadísticas Resumen</b>							
Seguidos	<b>510</b>	81	86	60	83	90	110
Pérdida Seguimiento	<b>35</b>	5	3	9	15	1	2

## II. METODOLOGÍA

### Evaluación 2017

La población del estudio está conformada por trabajadores de la minería que realizan sus actividades en diferentes alturas y que han sido incorporados al estudio desde 2015 en adelante (en caso de reemplazos 2016 y 2017).

Para fines del seguimiento se establecieron las siguientes definiciones:

- Trabajador evaluado: trabajador incorporado al estudio con al menos un instrumento aplicado en forma presencial o contactado telefónicamente, o incorporado o reemplazo. En esta categoría se incluyen los trabajadores que fueron reclutados con más de 50 años (19 trabajadores a 2017).
- Trabajador seguido: trabajador evaluado o aquel en quien se realizó tres intentos de contacto sin respuesta.
- Trabajador no contactado: trabajador con licencia, vacaciones, permiso administrativo o no citado por la empresa o que no respondió al menos a tres llamados telefónicos.
- Pérdida de seguimiento: trabajador que fue desvinculado por la empresa, que retira consentimiento o fallece.

Para la evaluación 2017 se definieron las siguientes consideraciones:

Exámenes propuestos por el equipo de investigación

**Proteína C-reactiva Ultrasensible:** Es un biomarcador de riesgo cardiovascular que se postula como biomarcador de alteración cognitiva. Como estos dos riesgos son relevantes para el presente estudio, se propone realizar su medición en sangre. En los últimos años se ha generado literatura que señala la relación entre inflamación y función cognitiva. Varios estudios han reportado una asociación entre niveles altos de proteína C-reactiva y bajo rendimiento en test cognitivo<sup>3</sup>, demostrando que alto niveles de PCR pueden ser marcadores de alteraciones visuales-espaciales y de memoria en personas de edad mayor.

**Interleucina-6:** Marcador de inflamación, se ha visto que aumenta su concentración en sujetos expuestos a hipoxia hipobárica por altura, al igual que PCRus. Existe evidencia de la asociación entre la elevación de este marcador y efectos cardiovasculares y alteración cognitiva entre otros. Se evaluará para complementar el estudio de la inflamación y su relación con efectos en salud en los distintos estratos.

**Solicitud de Radiografía de torax:** La Radiografía de tórax (RX) fue solicitada a través de la SUSESO al Organismo Administrador (OA) y/o a la empresa de los trabajadores de estratos altos y medios de altura, dado que este examen debe ser realizado en la

---

<sup>3</sup> Noble, James M et al. "Association of C-Reactive Protein to Cognitive Impairment." *Archives of neurology* 67.1 (2010): 87–92. *PMC*. Web. 18 July 2018.

evaluación pre ocupacional y ocupacional según la guía técnica sobre exposición ocupacional a hipobaría intermitente crónica por gran altitud. Para los trabajadores que no contaban con la RX vigente (5 años según GUÍA TÉCNICA SOBRE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A HIPOBARIA INTERMITENTE CRÓNICA POR GRAN ALTITUD) se realizó un convenio con su OA, Hospital de Chañaral y ACHS por factibilidad local. A los trabajadores se les solicitó firmar su intención de participar para dicha toma, la que debe realizarse en su día de descanso.

Tabla 3. Petición de Rx Torax según mina

MINERA	ESTRATO	PROVEEDOR
5	Alto	OAL
2	Medio	OAL
3	Bajo	Hospital de Chañaral ACHS
1	Alto	OAL
4	Alto	OAL
6	Bajo	ACHS

Accidentabilidad y Enfermedades Profesionales de cada empresa para los años 2015, 2016 y 2017:

Con el fin de analizar el efecto de la exposición a distintas altitudes sobre la siniestralidad laboral se solicitó a la SUSESO los siguientes indicadores del Sistema Nacional de Información de Seguridad y Salud en el Trabajo (SISESAT):

- Días perdidos promedio de los accidentes del trabajo de cada año
- Número de accidentes por año por empresa.
- Número de enfermedades profesionales diagnosticadas por año.
- Días perdidos promedio por enfermedades profesionales/año.

Autoreporte de incidentes-accidentes y enfermedades profesionales:

Para ello se incluyó la encuesta de autor-reporte de accidentes de ENCAVI 2015 en parte de la muestra del año 2017 (no se incorporó esta encuesta en dos minas ya que fue solicitada por SUSESO una vez finalizado el trabajo de campo en estas faenas).

Evaluaciones realizadas en trabajadores reclutados como reemplazos en el año 2017 o que no hayan sido evaluados en 2016:

- Salud General
- Conciliación Vida Familiar/Laboral
- Calidad de Vida
- Factores de Riesgo Psicosociales presentes en el Lugar de Trabajo
- Anamnesis remota, antecedentes quirúrgicos, hábitos
- Factores de riesgo psicosociales en el lugar de trabajo
- Electrocardiograma
- Rx torax

- PCRus, Interleucina-6 y exámenes bioquímicos generales

La batería de evaluaciones solicitada en la propuesta técnica se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4. Instrumentos empleados para la medición año 2017

Evaluación	Instrumento
Sociodemográfica	Cuestionario Sociodemográfico
Historia Laboral	Cuestionario de Historia Laboral Información aportada por OAL y Recursos Humanos de la Compañía Minera
Mal Agudo de Montaña	Cuestionario de Lake Louise
Calidad de Sueño	Cuestionario de Pittsburgh
Funciones Ejecutivas	CANTAB: 4 test del Módulo de Funciones Ejecutivas de la Batería
Signos Vitales (PA/ FC/ FR/ Sat O2/ T° óptica)	Esfigmomanómetro digital / ídem / inspección / saturómetro / termómetro infrarrojo
Medidas antropométricas (peso/ talla /IMC / CA / CC)	Balanza digital con tallímetro integrado/ ídem / ídem / cinta métrica / ídem
Examen médico	Anamnesis/Inspección/ Auscultación con fonendoscopio/ Palpación / Percusión / Oftalmoscopio
*Electrocardiograma	Electrocardiógrafo
Exámenes de laboratorio	Equipo Hemocue y procesamiento de laboratorio
Radiografía Torax	Solicitud de informe a su OAL o realización de la RX en centro médico según convenio.

*\*En los trabajadores que se incorporen este año como reemplazos, o en quienes no se haya realizado durante 2016*

La evaluación clínica general y segmentaria consideró el examen:

- Neurológico
- Oftalmológico
- Cardiovascular y circulación periférica
- Abdominal
- Dermatológico
- Evaluación de varicocele

Evaluación de antecedentes clínicos y examen físico: La evaluación de terreno se efectuó por profesionales de la salud capacitados. Esta incluyó examen físico general y

segmentario, antropometría, control de signos vitales, cuestionarios de salud y CANTAB; además este año se evaluó varicocele a sugerencia de la SUSES.

Exámenes de Laboratorio: la muestra fue tomada por un tecnólogo médico, el cuál fue capacitado acorde a las instrucciones contenidas en el manual de procedimientos. Este además completó un formulario con el ID del trabajador, hora de toma de muestra, horas de ayuno, check list de los exámenes y cantidad de tubos tomados. Ambos exámenes se procesaron y registraron en el lugar de la faena.

La toma de muestras biológicas incluyó:

- Hemoglobina
- Hematocrito
- Glicemia
- Creatininemia
- Perfil lipídico
- PCR ultrasensible
- Interleucina-6

La técnica para medir hemoglobina se realizó por medio de lanceta y se procesó con el equipo Hemocue que entrega el valor directo de la hemoglobina. En el caso del hematocrito, se utilizaron microcapilares.

Las muestras de sangre fueron transportadas desde las faenas al laboratorio del Hospital Clínico de la Universidad de Chile y al ICBM (Instituto de Ciencias Biomédicas de la Universidad de Chile), bajo condiciones de refrigeración adecuadas y debidamente preparadas según lo estipula el manual. Los traslados fueron realizados al finalizar el trabajo de campo en cada faena por la empresa Bioseguridad Chile (especializada en traslados de muestras biológicas).

Los resultados de laboratorio fueron digitados e ingresados en la base de datos en forma anonimizada, empleando el folio correspondiente a cada participante de la cohorte.

Finalmente se generó un reporte de resultados a cada trabajador, el cual fue de responsabilidad del médico del equipo de investigación y de acuerdo con un formato pre establecido. Previo a su entrega se verificó según un protocolo la identidad, de forma de minimizar la posibilidad entrega de resultados erróneos, sean éstos referentes a los exámenes de laboratorio, a exámenes médicos o encuestas. La entrega se realizó vía correo electrónico al final del estudio; en caso de falla (28 trabajadores) el resultado se imprimió para ser entregado en la próxima estadia en la mina (año 2018).

En caso de exámenes fuera de rango o examen físico alterado el trabajador fue derivado a su régimen común o laboral según correspondiera. Se entregó un tríptico con información sobre estilos de vida que incluye tabaco, consumo de alcohol y actividad física y una carta de agradecimiento al finalizar la evaluación en terreno.

### Protocolo de evaluación

Los evaluadores debidamente capacitados y entrenados contaron in situ con la totalidad de manuales asociados a las técnicas de toma de cuestionarios, evaluaciones y exámenes. Además, realizaron el registro de actividades realizadas a diario.

La evaluación contempló las siguientes etapas:

- 7 minutos: presentación del estudio, firma de CI y anexo n°10, completar “información de contacto para seguimiento” por parte del trabajador.
- 5 minutos: entrega de material y posicionamiento en lugar de evaluación
- 20 minutos: contestar cuestionarios en Tablet
- 35 minutos: contestar CANTAB® en Tablet
- 20 minutos: evaluación clínica (anamnesis, hábitos tóxicos, biometría y antropometría). También se entregarán los trípticos de consejería.
- 20 minutos: examen físico general-segmentario por médico, quien además realiza las derivaciones pertinentes (ver figura 6) y entrega la carta de agradecimiento por participar del estudio.
- 10 minutos: toma de exámenes de laboratorio y toma de muestra de hemoglobina y hematocrito.

Figura 3: Tiempos de evaluaciones

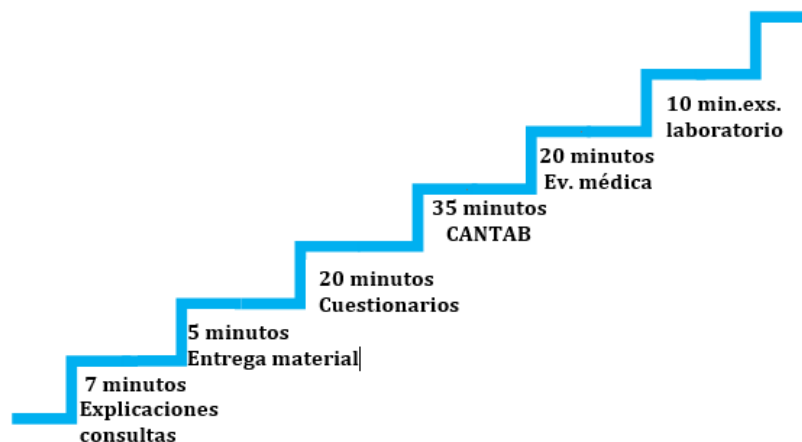


Figura 4. Flujoograma de derivación

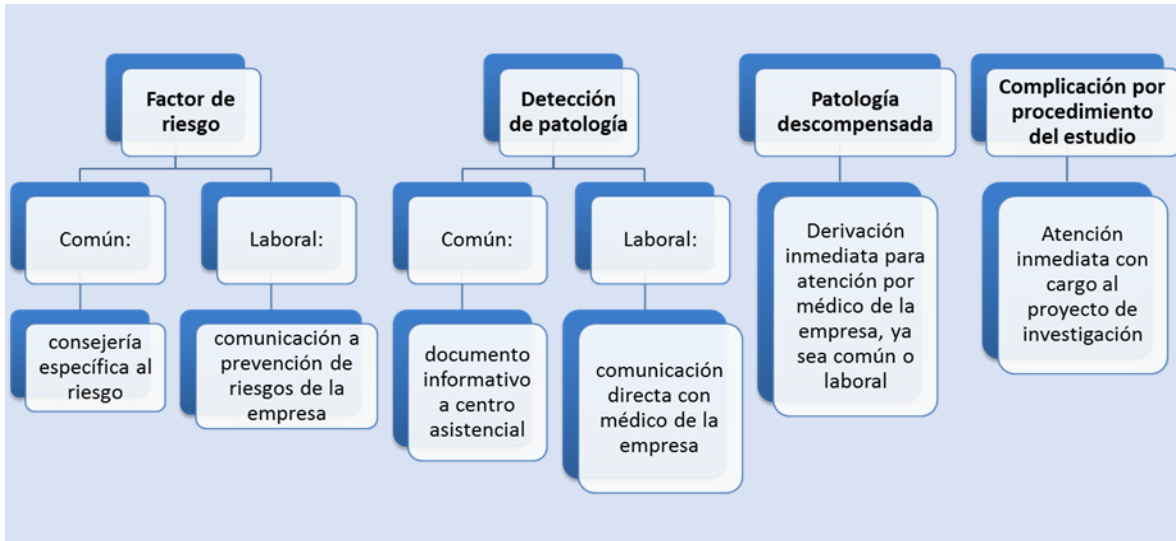
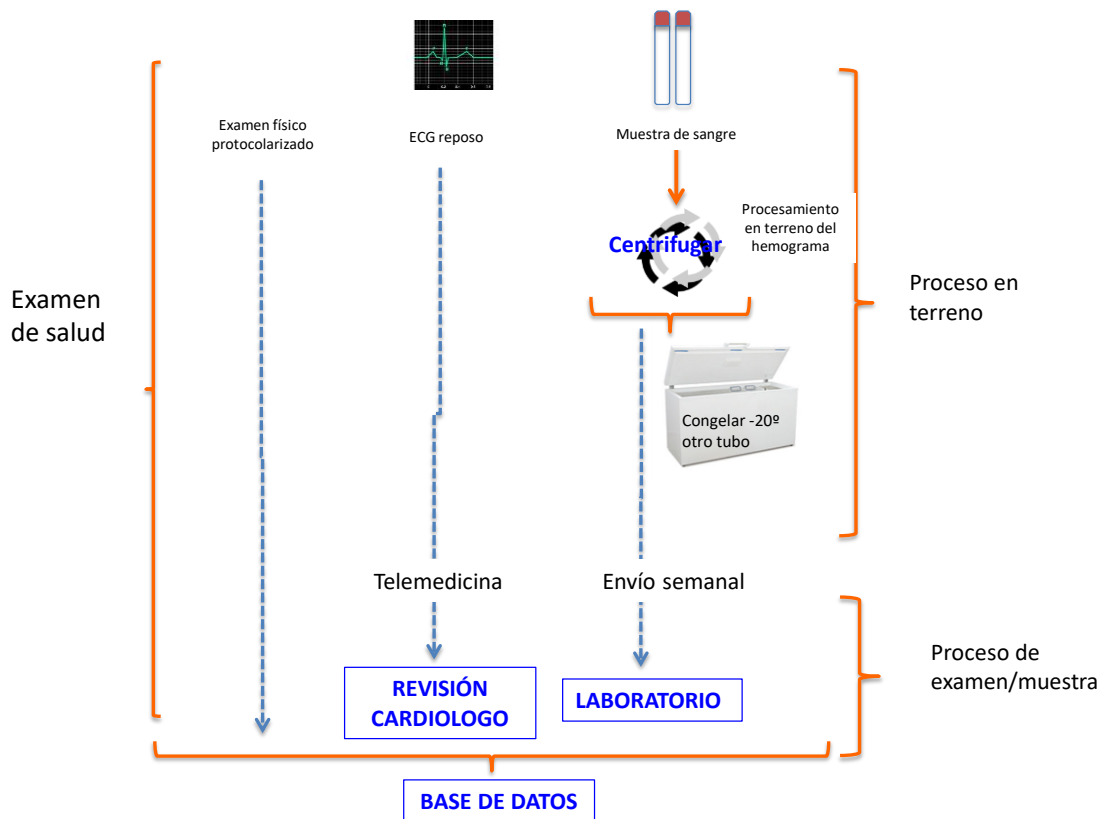


Figura 5. Proceso del examen físico y pruebas bioquímicas



## Controles de calidad de los datos e ingreso de información a las bases de datos

Comprende las siguientes acciones:

- Diseño de cuestionario en formato Excel según 3 hojas:
  - Hoja 1: Identificación del nombre de código de respuesta, formulación de la pregunta, e identificación de saltos, rangos y filtros.
  - Hoja 2: Códigos de respuesta.
  - Hoja 3: Nombre del cuestionario.
- Transformación de archivo a formato “\*.csv” para ser implantado en el programa Open Data Kit (ODK).
- Al ejecutar el programa ODK se visualiza el nombre del estudio, se selecciona y entra directamente a la presentación del cuestionario y de esa manera responder directamente moviendo con el dedo la pantalla táctil del tablet.
- Con las entrevistas respondidas se procede a convertir los archivos “\*.mlx” a formato “\*.xls” de tal manera que sea reconocido por Excel.

El proceso de control de calidad de los datos generó un listado que contiene eventuales errores, el que fue entregado al coordinador del trabajo de campo para su análisis y validación. Una vez realizada la limpieza de datos se procedió a la creación de la base de datos maestra, la que esta conformada por la unión de todas las tablas de datos que se generaron.

El proyecto considera dos tipos de bases de datos: base de datos maestras y bases de datos para análisis. Las bases de datos maestras contienen los datos recolectados con todos los instrumentos de medición utilizados en el estudio en cada una de las mediciones. De esta forma, los datos recolectados en la medición basal (2015) permanecen almacenados en la base de datos maestra 2015 (n=499). Los datos recolectados el año 2016 corresponden a los sujetos que fueron medidos el año 2015 y que efectivamente fueron evaluados en el año 2016, mas los sujetos que ingresaron como reemplazo de los sujetos que habiendo sido evaluados el año 2015, se perdieron en la medición 2016 (n=535).

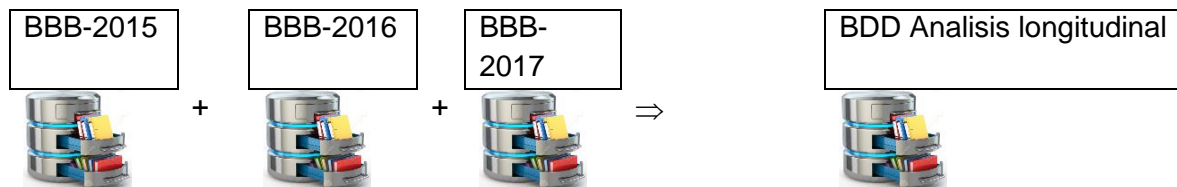
La base de datos maestra para el estudio 2017 esta poblada con las mediciones de los sujetos que fueron efectivamente medidos en 2015 y 2016, más aquellos que ingresaron como reemplazos en 2016 y los reemplazos que se incluyeron el año 2017. La base de datos incluye también a los trabajadores que habiendo sido medidos el 2015, no fueron evaluados el 2016 y que participaron de la medición 2017.

Todas las bases de datos maestras fueron sometidas a un procesamiento de evaluación de la calidad, haciendo validación por rangos de consistencia y de datos faltantes.



Se procedió a la construcción de las variables de análisis mediante la generación de nuevas variables, así como a la recodificación de las variables existentes en las bases de datos maestras.

Figura 6. Estructura de la bases de datos



Finalizado este proceso se generaron las bases de datos para análisis para cada año del estudio y la base de datos para el análisis longitudinal. Esta base de datos para análisis longitudinal tiene un formato a lo ancho, donde cada variable es registrada en tres columnas de datos (una por cada momento de medición). Por ejemplo, la medición de hipertensión arterial para cada sujeto se registraría como hta\_m1 (para medición 2015), hta2\_m2 (para medición 2016), y hta3\_m3 (para medición 2017). Similarmente se procedió con todas las variables resultantes de las mediciones en los tres años del estudio. Los datos recolectados en la medición basal (2015) que no varían en el tiempo, también se incluyen en la base de datos para análisis longitudinal.

Todas las bases de datos, tanto maestras como de análisis, no contienen datos que permita identificar individualmente a los sujetos en estudio ya que solo contiene un código de identificación que permite la identificación. Este código de identificación puede ser abierto en caso en que sea necesario identificar a algún sujeto debido a eventuales problemas éticos u otro tipo de situación que lo amerite.

### Análisis Estadístico

El análisis estadístico comprendió varias etapas, las que se describen a continuación:

1. Evaluación de la calidad de los datos: En esta etapa se utilizaron herramientas descriptivas y gráficas que permiten evaluar la calidad de los datos. Se realizó validación por rangos, determinación de valores faltantes y determinación de inconsistencias.
2. Una vez validada la base de datos para análisis, se procedió al análisis descriptivo que permite caracterizar a la muestra de los sujetos en estudio. Se comparó la distribución de las características biodemográficas (edad y años en la empresa) de los sujetos en estudio con la muestra de los sujetos incluidos en el año 2016, con el fin de determinar eventuales cambios en la representatividad de los sujetos en el seguimiento.

3. Se realizó análisis comparativo crudo de las variables de resultado según estratos de altitud. Para esto se usaron tablas de contingencia para variables categóricas y análisis de varianza a una vía para variables continuas. Un valor  $p < 0,05$  a dos colas se consideró significativo. Adicionalmente se efectuó el análisis estratificado, con el fin de determinar el rol que eventualmente pudieran tener las variables de control en las asociaciones de interés.
4. Finalmente, se construyeron modelos estadísticos para estimar el efecto de la exposición a altura y las distintas variables de resultado para el año 2017, así como modelos que incluyen el ajuste de la medición 2016. El modelamiento de los datos se realizó mediante el ajuste de modelos lineales y logísticos según correspondiera a la naturaleza de la variable. Los resultados se expresan con intervalos de confianza de 95 % para las variables categóricas y coeficiente de la regresión y sus respectivos intervalos de confianza de 95% para las variables continuas.
5. El análisis longitudinal consideró la estimación de prevalencias de periodo para las variables categóricas y la diferencia de los coeficientes para las variables continuas ajustando por covariables (edad, nivel educacional, trabajo en altura sobre 3000 m, sueño alterado, obesidad/sobrepeso). Los resultados se expresan con intervalos de confianza de 95% para las variables categóricas y coeficiente de la regresión y sus respectivos intervalos de confianza de 95% para las variables continuas.

El resumen de evaluaciones realizadas a la cohorte 2015, 2016 y 2017 se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5. Listado de condiciones de salud registradas según año de seguimiento

EVALUACIÓN	AÑO DE EVALUACIÓN			
	AÑO EVALUACIÓN	2015	2016	2017
Datos socio-demográficos		X	X	X
Historia laboral		X	X	X
Mal agudo de montaña Cuestionario Lake Louise.		X	X	X
Encuesta Calidad de sueño. Pittsburgh.		X	X	X
Hábito de fumar		X	X	X
AUDIT, alcohol		X	X	X
Conciliación vida familiar/Laboral (Encuesta Araucaria)		X	X	
Salud general (GHQ-12)		X	X	
Factores de Riesgo Psicosociales en el lugar de trabajo		X	X	
Encuesta calidad de vida		X	X	
Accidentabilidad laboral		X	X	X
Enfermedades profesionales		X	X	X
Enfermedades comunes		X	X	X

	Módulos	Módulos	Módulos
Test Neuropsicológicos. Módulo			
Funciones Ejecutivas CANTAB:			
1. MOT tareas motoras	1	1	1
2. SWM retención y manipulación viso-espacial.	2	2	2
3. PAL memoria y aprendizaje visual	3	3	4
4. RTI velocidad de respuesta motora y mental	4	4	7
5. Intra dimensional/Extra. Dimensional Shift (I/ED)		5	
6. Stockings of Cambridge (SOC)		6	
7. Stop signal Task			
Test psicométricos. Extraídos de Petrinovic	X		
Signos clínicos:			
Presión arterial	X	X	X
Frecuencia cardiaca	X	X	X
Frecuencia respiratoria	X	X	X
Temperatura ótica	X	X	X
Saturación de oxígeno	X		
Antecedentes de HTA	X	X	X
Examen Médico segmentario	X	X	X
Alteraciones neurológicas	X	X	X
Alteraciones cardiológicas	X	X	X
Alteraciones pulmonares	X	X	X
Alteraciones abdominales	X	X	X
Alteraciones piel	X	X	X
Pterigion	X	X	X
Mallampatti	X	X	X
Varicocele			X
Exámenes sanguíneos			
Hemograma		X solo en algunas minas	
Hemoglobina		X solo en algunas minas	X En todos

Hematocrito	X solo en algunas minas	X En todos
Glicemia	X	X
Perfil Lipídico	X	X
Creatinina	X	X
PCR us	X	X
Interleuquina 6		X
Electrocardiograma*	X	X
Radiografía de Tórax		X

---

\*En el año 2017 se realizó a los trabajadores no evaluados en 2016 y reemplazos

### III. RESULTADOS

#### III.1. Caracterización general de la cohorte

Tabla 6. Evaluaciones realizadas a los trabajadores incorporados por mina, 2017

Mina	Total	Encuesta	Clínico	Médico	Electro	CANTAB	Laboratorio
1	<b>80</b>	80	78	78	29	78	78
2	<b>89</b>	86	84	84	22	82	84
3	<b>64</b>	60	54	55	11	55	55
4	<b>82</b>	77	73	71	10	72	72
5	<b>91</b>	86	72	72	5	72	72
6	<b>110</b>	107	105	105	19	105	105
<b>Total</b>	<b>516</b>	<b>496</b>	<b>466</b>	<b>465</b>	<b>96</b>	<b>464</b>	<b>466</b>

III.1.1 Identificación de número de trabajadores contactados telefónicamente, trabajadores evaluados médicamente, trabajadores evaluados con exámenes de apoyo diagnóstico, trabajadores ingresados a la cohorte.

Durante el desarrollo de los tres años del estudio la muestra ha variado su composición original debido a trabajadores que han sido desvinculados de la empresa por diversas razones, siendo reemplazados por pares de características similares de antigüedad y edad. A los trabajadores desvinculados se les ha hecho seguimiento telefónico, el cual no se ha logrado para la totalidad de los casos aun después de tres llamados telefónicos. Por otra parte, algunos trabajadores no asistieron a la evaluación presencial por encontrarse de vacaciones, licencia médica o permiso administrativo; estos fueron evaluados telefónicamente y es la razón por la que no toda la muestra presenta la batería de evaluaciones completas.

Tabla 7. Situación del seguimiento año 2017 según mina

<b>Estado</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Total</b>	<b>561</b>	<b>108</b>	<b>90</b>	<b>69</b>	<b>88</b>	<b>92</b>	<b>114</b>
Evaluado	498	80	87	60	77	87	107
_ Presencial	422	52	80	50	68	71	101
_ No Presencial	30	2	3	5	4	14	2
_ Reemplazo	46	26	4	5	5	2	4
_ Incorporado	0	0	0	0	0	0	0
Desvinculado	44	28	1	5	5	1	4
_ Desvinculado por Salud	4*	2*	0	0	2	0	0
_ Desvinculado otros motivos	40	26	1	5	3	1	4
No Contactados	18	0	2	4	5	4	3
Renuncia estudio	1	0	0	0	1	0	0
<b>Estadísticas Resumen</b>							
Seguidos	520	82	89	64	84	91	110
Pérdida Seguimiento	41	26	1	5	4	1	4

\* 4 Trabajadores desvinculado por motivo de salud (Año 2017)

En la tabla 8a y 8b se describe el detalle de los trabajadores que fueron evaluados telefónicamente y el número de trabajadores en los cuales no se logró contacto.

Tabla 8a. Seguimiento telefónico año 2017 según mina

<b>Minas</b>	<b>Total</b>	<b>Vacaciones/Permisos. Contactados</b>	<b>Licencia Médica. Contactados</b>
1	2	0	2
2	3	1	2
3	5	2	3
4	4	2	2
5	14	8	6
6	2	1	1
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>14</b>	<b>16</b>

Tabla 8b. Información sobre no contactados 2017 según mina

Minas	Total	Vacaciones/Permisos. No Contactados	No Contactado. Licencia médica
1	0	0	0
2	2	0	2
3	4	3	1
4	5	2	3
5	4	2	2
6	3	1	2
Total	18	8	10

De los trabajadores que no pudieron asistir por encontrarse con licencia médica al momento del trabajo de campo se consignaron los siguientes motivos de subsidio (Tabla 9).

Tabla 9. Motivos de licencia médica señalados por el trabajador, año 2017

Mina	Motivo
1	No responde
2	Se niega a precisar causa
5	No responde
3	No pudo ser contactado
3	Luxación de hombro
3	Infección de próstata
4	Accidente
4	Lesión de ligamentos
6	Extracción molar
6	Esguince de cuello

Los motivos indicados por los trabajadores desvinculados y que fueron contactados se precisan en la tabla 10.

Tabla 10. Motivos de desvinculación indicados por los trabajadores según mina

Compañía Minera	Motivo señalado por el trabajador
1	Motivo de salud
1	Desvinculado
1	Traslado a otra faena de la misma compañía
2	Desvinculado
5	Retiro voluntario

3	Motivo de salud
	Desvinculado
	Mutuo acuerdo
4	Retiro voluntario
	No contesta
	Desvinculado
6	Reducción de personal
	Motivo de salud
6	No pudo ser contactado

Tabla 11. Desvinculados por motivo de Salud

Estrato Mina	ID Desvinculado	Fecha Desvinculación	Estado
Alto	113050	2016	No contesta 3 llamados telefónicos.
Alto	113083	2017	No contesta 3 llamados telefónicos.
Alto	123034	2017	No contesta 3 llamados telefónicos.
Alto	123080	2017	Contesta, pero solicita por falta de tiempo que lo llamen otro día y no se logra contactar nuevamente.

En los casos de desvinculación se procedió al reemplazo utilizando criterios consensuados con SUSESO (homologable en edad y años de trabajo en la empresa). En la tabla 9 se muestra que ambos grupos (desvinculados versus reemplazos) son comparables en las variables de paramiento.

Tabla 12. Comparación entre grupo de sujetos desvinculados versus reemplazos

Parámetro	Grupo Desvinculados $X \pm DS$	Grupo Reemplazos e Incorporados $X \pm DS$	valor p
Edad	38,4 $\pm$ 5,6	38,1 $\pm$ 6,7	0,797
Años en altura	10,0 $\pm$ 3,1	13,1 $\pm$ 6,1	0,364



En la siguiente tabla se presenta, a modo de resumen, el número de evaluaciones logradas durante los tres años del estudio.

Tabla 13. Número y tipo de evaluación por año

<b>Evaluación</b>	<b>N 2015</b>	<b>N 2016</b>	<b>N 2017</b>
Información demográfica	483	450	498*
Lake Luis	483	450	496
Pittsburg	483	450	496
Historia laboral	479	450	496
Antecedentes de HTA	499	441	466
Antecedentes de Diabetes M	499	441	466
Antecedentes dislipidemia	499	441	466
Alteraciones neurológicas	464	436	465
Alteraciones cardiológicas	464	436	465
Alteraciones pulmonares	464	436	465
Alteraciones abdominales	464	436	465
Alteraciones piel	464	436	465
Pterigion	464	436	465
Mallampatti	464	436	465
Varicocele	No se realiza	No se realiza	442**
Hemograma	No se realiza	157	No se realiza
Hemoglobina	No se realiza	157	466
Hematocrito	No se realiza	157	467
Glicemia	No se realiza	392	466
Perfil Lipídico	No se realiza	392	466
Creatinina	No se realiza	392	466
PCR US	No se realiza	392	466
Interleukina 6	No se realiza	No se realiza	466
Electrocardiograma	No se realiza	441	96***
Radiografía de Tórax	No se realiza	No se realiza	90

*\*En dos trabajadores solo se obtuvo información demográfica; \*\*23 trabajadores rechazan el examen \*\*\*Por protocolo sólo corresponde a trabajadores de reemplazo o no evaluados con ECG en 2016*

### III.1.2. Características generales

Las preguntas sociodemográficas que permiten caracterizar la muestra corresponden a estándares obtenidos de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica (CASEN). En la siguiente tabla se muestran los resultados de la aplicación de este instrumento.

Tabla 14. Características demográficas y sociales de la muestra

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
<b>N</b>	<b>498</b>	<b>167</b>	<b>87</b>	<b>244</b>
Edad (media, rango)	38,9±6,9	39,7 ± 8,2	39,3 ± 5,3	38,1 ± 6,4
<b>N</b>	<b>496</b>	<b>167</b>	<b>86</b>	<b>243</b>
<i>Sistema de Salud</i>				
Isapre (%)	92,9	85	100,0	95,9
Fonasa (%)	6,8	14,98	0	3,7
<i>Estado civil</i>				
Casado/conviviente (%)	79,5	75,4	87,2	79,4
Separado/divorciado (%)	6,6	8,4	4,7	6,2
Soltero	13,7	15,6	8,1	14,4

La edad media de la muestra es de 38,9 años y no hubo diferencias significativas entre los diferentes estratos de altura ( $p=0,330$ ). La mayoría de los trabajadores tiene estudios medios (64,2%) y superior (34,9%), propio de la gran minería

### III.1.3 Características de hábitos

Tabla 15. Hábitos según estrato, 2017

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>466</b>	<b>159</b>	<b>84</b>	<b>223</b>	
<i>Antecedentes personales (%)</i>					
Tabaquismo actual*	39,5	44,6	29,8	39,5	0,078
AUDIT >=8	3,2	3,9	1,1	3,4	NS

La prevalencia de bebedor problema en este año, 3,2%, es menor que en los dos años anteriores, 5,2% en 2016, y 8,9% en 2015, por disminución en todos los estratos.

El tabaquismo actual fue mayor en el estrato bajo en comparación a los estratos medio y alto ( $p=0,001$ ). La prevalencia de bebedor problema fue menor en el estrato medio, aunque las diferencias no fueron significativas. El promedio en este año 39,5%, es semejante a lo observado en los años 2016, 38,2% y 2015 con 39,1%. Este consumo elevado de tabaco es comparable al consumo nacional en hombres mayores de 15 años, de 37,8% mostrado por la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017 del Ministerio de Salud.

### III.2. Efecto de las condiciones de trabajo y de empleo sobre la salud de los mineros

#### III.2.1. Sobre su salud general y cardiovascular

Mediante el empleo de cuestionarios de historia laboral se recogió la información acerca de las características laborales, la percepción de esfuerzo físico y los riesgos ocupacionales. En las tablas 16, 17 y 18 se muestran los resultados distribuidos por estratos.

Tabla 16. Características laborales según estrato

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	Valor p
<b>N</b>	<b>496</b>	<b>167</b>	<b>86</b>	<b>243</b>	
Años en minería (promedio y DS)	14,7 ± 6,4	14,9 ± 7,5	16,3 ± 4,8	14,1 ± 6,0	0,02
Años en la empresa (promedio y DS)	9,2 ± 4,0	9,2 ± 4,4	10,4 ± 4,0	8,7 ± 3,7	0,004
Años trabajando entre 3.0000 y 3.899 m.s.n.m. (promedio y DS)	4,3 ± 5,9	1,4 ± 3,7	10,8 ± 5,2	3,9 ± 5,7	0,0001
Años trabajando a más de 3.900 m.s.n.m. (promedio y DS)	5,1 ± 5,7	1,2 ± 2,7	1,4 ± 3,9	9,0 ± 5,0	0,0001
Años turnos de noche (promedio y DS)	13,1 ± 6,4	12,9 ± 7,1	15,2 ± 5,3	12,4 ± 6,1	0,002

Sistema turnos (%)					
4x4	13,7	0	0	27,9	0,001
7x7	82,3	98,8	100,0	64,6	
Otro	4,0	1,2	0	7,4	

Los trabajadores reportan en promedio 14,7 años trabajando en la minería con mayor permanencia en el estrato medio. Los años en la empresa son 9,2 años, un poco menor a los 11,1 años observado en la fuerza laboral minera chilena, según el Informe del Consejo Minero<sup>4</sup>; con mayor permanencia en el estrato medio. También es significativo que estos trabajadores ya tienen en promedio 13,1 años haciendo turnos de noche, llegando a 15,2 años en el estrato medio.

La percepción de esfuerzo físico, según Escala de Borg CR-10 (escala 0-10) describe la intensidad de las exigencias ergonómicas físicos musculares a que están expuestos los trabajadores, como reflejo del riesgo de fatiga muscular de extremidad inferior, el umbral anaeróbico (producción de ácido láctico), trastorno musculoesquelético de miembro superior por trabajo repetitivo, etc. <sup>5,6</sup>. El puntaje de 5 y más califica el esfuerzo como trabajo pesado, por la percepción de fatiga y el uso de más de 50% de la fuerza isométrica, tal como es aplicado en normas de evaluación ergonómica, UNE EN 1005-5, en la comunidad europea y metodología de evaluación de trabajo repetitivo del INHST de España <sup>7,8</sup>. En la muestra de trabajadores en estudio la Escala de Borg CR-10 permite caracterizar la influencia de la exposición a la hipoxia hipobárica sobre 3000 metros de altitud sobre la percepción de carga física. La tabla 17 describe la percepción de esfuerzo físico, por estratos según la Escala de Borg CR-10 (puntajes de 0 a 10).

<sup>4</sup>Consejo Minero de Chile. Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2017-2026. Diagnóstico y Recomendaciones. Consejo de Competencias Mineras. Innovum, Fundación Chile. Santiago 2012. Pag 34-44. Disponible en: [http://www.ccm.cl/wp-content/uploads/2017/11/ReporteCCM\\_13-11\\_FINAL.pdf](http://www.ccm.cl/wp-content/uploads/2017/11/ReporteCCM_13-11_FINAL.pdf) consultado el: 27 de marzo de 2018.

<sup>5</sup> Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sc Sports Exe. 1982; 14:377-381

<sup>6</sup> Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2006; 16(1):57-69. OI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00448

<sup>7</sup> Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, USA, 1998.

<sup>8</sup>INHST. Ministerio de Empleo y Seguridad Social España. UNE-EN 1005-5 <http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/>

Tabla 17. Percepción de Esfuerzo Físico según Escala de Borg CR-10

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>466</b>	<b>159</b>	<b>85</b>	<b>222</b>	
	Media ± DS	Media ± DS	Media ± DS	Media ± DS	
Puntaje Percepción de Esfuerzo Escala Borg CR-10	4,7 ±1,9	4,7 ±1,6	4,8 ±1,8	4,8 ±2,1	NS
Percepción Trabajo Pesado, puntaje Borg=>5	% 52,5	% 49,7	% 52,9	% 54,5	NS

NS: no significativo

La percepción de esfuerzo físico se sitúa en promedio en un nivel moderado, cercano al trabajo pesado: 4,7 puntos, con una intensidad percibida mayor en los estratos medio y alto, sin diferencia estadísticamente significativa. Por su parte la percepción de trabajo pesado, puntajes de 5 y más, es manifestada por mas de 50% de los trabajadores, con prevalencias entre 49,7 y 54,5% en los tres estratos, sin diferencias significativas entre ellos, por lo cual no se constata mayor esfuerzo físico percibido o trabajo pesado a mayor altitud.

Para conocer los factores de riesgos ocupacionales se consultó sobre la exposición a 12 factores ocupacionales (“muy expuesto a”), del tipo peligros, agentes de riesgos físicos, químicos, ergonómicos y psicosociales, y eventualidad de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales (tabla 18).

Tabla 18. Riesgos Ocupacionales según estrato de exposición

	Total %	Estrato bajo %	Estrato medio %	Estrato alto %	valor p
<b>N</b>	<b>496</b>	<b>167</b>	<b>86</b>	<b>243</b>	
Cambios marcados de temperatura	24,6	12,6	25,6	32,5	<0,0001
Posturas y esfuerzos excesivos	23,4	22,8	23,3	23,9	NS
Riesgo de enfermedad profesional	80,9	83,8	86,1	76,9	NS
Trabajo repetitivo	18,2	12,0	18,6	22,2	0,077
Riesgo de accidentes del trabajo	30,7	31,1	33,7	29,2	NS
Ruido excesivo, molesto	37,7	36,53	38,4	38,3	NS
Inhalación de humos o vapores	12,9	12,0	11,6	14,0	NS
Aspiración de polvos sílice, arsénico plomo, carbón	39,3	40,7	54,7	32,9	0,010
Contacto dérmico con sustancias químicas	7,9	7,2	6,9	8,6	NS
Radiaciones solares	39,7	41,9	40,7	37,9	NS
Maltrato psicológico o físico	8,7	4,2	9,3	11,5	NS
Falta de oportunidades promoción, incentivos	35,9	27,5	44,2	38,7	0,033

NS: no significativo

En 9 de los 12 factores evaluados la magnitud de la exposición ocupacional es similar en los tres estratos de altitud. Hay diferencias de exposición a cambios bruscos de temperatura más acentuada en el estrato alto (32,5%), menos marcada en el estrato medio (25,6%) y claramente menor en el estrato bajo. También se encontraron diferencias significativas en la percepción del riesgo de aspiración de polvos y falta de oportunidades de promoción, pero no vinculables a la altitud.

La percepción de exposición a cambios marcados de temperatura en este año sigue siendo más acentuada en el estrato alto que los dos estratos, al igual que lo observado en el año anterior. La percepción de riesgo de enfermedad profesional sigue estando sobre 80%, sin diferencias entre los estratos (años 2016 y 2017). El riesgo de aspiración de polvos aumentó de 34% a 39,7% de 2016 a 2017, por incremento en los estratos medio y alto, siendo más acentuado en el estrato medio.

Se registró información acerca de enfermedades que hubiesen afectado a los trabajadores en los últimos 12 meses, y la presencia de síntomas de mal agudo de montaña y de alteración de la calidad de sueño. Las enfermedades son diferenciadas en enfermedad laboral, común, accidente de trabajo y accidente no laboral. Para describir el mal agudo de montaña se usó el Cuestionario de Lake Louise (LLQ), tal como lo señala la Guía Técnica de Exposición Ocupacional a Hipobaría del Ministerio de Salud.<sup>9</sup> A los trabajadores se les consultó acerca de los 5 síntomas del LLQ en el día actual, que corresponde entre segundo y sexto día, y la percepción de los síntomas en el primer día del turno, momento de mayor riesgo, después de los 7 días de descanso con desaclimatación a baja altitud. Se considera Mal Agudo de Montaña (MAM) cuando LLQ es de 4 y más puntos en la escala de 0-15 puntos, de los 5 síntomas evaluados. Los resultados de esta evaluación se muestran en la tabla 24.

La calidad del sueño se evalúa según presencia de insomnio de conciliación (latencia de más de 30 minutos en quedarse dormido) y horas totales de sueño, considerando como alterado un valor menor a 6 horas de sueño. En la tabla 28 se muestran los resultados de estas evaluaciones.

---

<sup>9</sup> Ministerio de Salud, Chile. Guía Técnica Sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. Disponible en: [http://web.minsal.cl/sites/default/files/guia\\_hipobaria\\_altitud.pdf](http://web.minsal.cl/sites/default/files/guia_hipobaria_altitud.pdf), consultado el 27 de marzo de 2018.

Tabla 19. Historia de enfermedad del último año

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>496</b>	<b>167</b>	<b>86</b>	<b>243</b>	
Enfermedad últimos 12 meses (%)					
Enfermedad laboral	7,9	3,6	4,7	11,9	0,004
Enfermedad común	18,2	17,4	19,8	18,1	NS
Accidente de trabajo	1,0	0,6	1,2	1,2	NS
Accidente no laboral	2,8	4,8	2,3	1,7	NS
No presenta	71,2	74,3	72,1	68,7	NS

NS: no significativo

La percepción de enfermedad en los últimos 12 meses es mayor en el estrato alto respecto a enfermedad laboral, no habiendo diferencias entre los estratos en cuanto a enfermedades comunes y accidentes.

Las cifras de enfermedad laboral percibida en el año actual son mayores que las consignadas en el año 2016, pasando de un promedio de 3,8% a 7,9%, siendo el estrato alto donde hubo mayor aumento, desde 3,9% a 11,9%.

La evaluación clínica se dirigió para detectar enfermedades crónicas de mayor prevalencia en adultos chilenos que tienen connotación sobre la tolerancia y contraindicación para trabajar sobre 3.000 m.s.n.m. (Guía Técnica Hipobarica MINSAL). Incluye mediciones antropométricas y de signos vitales para describir factores de riesgos, tales como índice de masa corporal, circunferencia cervical, circunferencia abdominal, presión arterial, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria y saturación de oxígeno

En el examen médico se indagó acerca de alteraciones clínicas de sistemas, aparatos y signos de connotación respecto a la exposición a hipoxia hipobárica, cuyos resultados se muestran en la tabla 20.

Tabla 20. Antecedentes clínicos, examen físico, clínico general y médico según estrato

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>466</b>	<b>159</b>	<b>84</b>	<b>223</b>	
<i>Antecedentes personales (%)</i>					
Hipertensión arterial	4,7	5,0	8,3	3,1	NS
Diabetes mellitus	5,6	7,7	8,3	4,5	0,012
Asma	0,9	0,6	0,0	1,3	NS
Dislipidemia	10,9	5,7	11,9	14,3	0,1
Arritmias	1,3	1,3	1,2	1,4	0,007
Infarto	0,6	1,3	0	0,5	NS
Accidente vascular encefálico	0,4	0	0	0,9	NS
Cáncer en los últimos 10 años	0,9	0	2,4	0,9	NS
<b>N</b>	<b>465</b>	<b>159</b>	<b>84</b>	<b>222</b>	
<i>Examen físico</i>					
Peso (kg) (promedio y DS)	84,0 ± 11,7	84,0 ± 12,3	84,0 ± 11,8	83,9 ± 11,2	NS
Obesidad (%)	29,7	34,6	25,0	27,9	NS
Talla (cm) (promedio y DS)	171,1 + 6,0	170,3 + 6,2	173,4 + 5,7	170,9 + 6,0	NS
IMC (kg/m <sup>2</sup> ), (promedio y DS)	28,6 ± 3,2	28,9 ± 3,6	27,9 ± 3,2	28,6 ± 2,9	0,02
Circunferencia cervical (cms), (promedio y DS)	39,9 ± 2,4	40,3 ± 2,5	40,0 ± 2,2	39,7 ± 2,4	NS
Circunferencia abdominal (cms) (promedio y DS)	96,0 ± 8,7	96,2 ± 9,4	95,7 ± 8,4	96,0 ± 8,3	NS
PA ≥ 140/90, mm/Hg, %	13,7	11,9	15,5	14,4	NS
Frecuencia cardiaca (lat/min), (promedio y DS)	77,5 ± 13,6	75,1 ± 13,1	76,4 ± 13,0	79,6 ± 14,0	NS
Frecuencia respiratoria (respiraciones/ min), (promedio y DS)	17,1 ± 2,8	17,4 ± 2,6	17,0 ± 2,0	17,0 ± 3,2	0,0001
Saturación O <sub>2</sub> % (promedio y DS)	92,9 ± 3,9	96,4 ± 1,2	94,5 ± 1,4	89,7 ± 3,3	0,0001
Temperatura ótica (grados Celsius) (promedio y DS)	36,1 ± 0,5	36,3 ± 5,0	36,3 ± 0,3	35,9 ± 0,6	0,001
<i>Examen Médico</i>					
Alteraciones neurológicas (%)	3,1	0	0	8,1	0,0001
Alteraciones cardiológicas (%)	14,8	15	2,4	19,4	0,0001
Alteraciones pulmonares (%)	4,7	1,3	0	9,0	0,0001
Alteraciones abdominales (%)	6,4	8,2	0	7,7	0,003
Alteraciones dermatológicas (%)	67,7	56,6	33,3	88,7	0,0001
Pterigion grados 2/3 (%)	51,0	37,1	54,8	59,5	0,0001
Mallampatti Grado III/IV (%)	19,8	19,5	4,8	26,7	0,0001
<b>N</b>	<b>442</b>	<b>157</b>	<b>83</b>	<b>202</b>	
Varicocele presente (%) ***, &	20,9/9,5/0,7 31,1%	4,4/1,3/0,6 6,3%	9,5/0,0/0,0 9,5%	36,9/18,9/0,9 56,7%	0,0001

Examen realizado por médico general y en faena

NS: no significativo; \* fumador actual = fumador diario u ocasional; \*\* examen físico grado 2, 3 o 4; \*\*\* Grado 1, 2 y 3

; & El examen de Varicocele se realizó a 442. Grado 1 palpable no visible; Grado 2 palpable y visible con maniobras de valsalva y Grado 3 palpable y visible sin maniobras de valsalva.



Tabla 21. Frecuencia de trabajadores que rechazó ex varicocele segun mina

MINERA	Nº trabajadores que rechazan evaluación de varicocele
5	6
2	1
3	2
1	8
6	1
4	5
Total	23

El antecedente personal de hipertensión arterial, asma, dislipidemia, infarto de miocardio, accidente vascular y cáncer en los últimos 10 años se distribuyó en forma homogénea en los tres estratos. Los porcentajes actuales son muy semejantes a lo consignado en el año 2016.

Tanto el IMC, circunferencia cervical, circunferencia abdominal, presión arterial y frecuencia cardiaca no presentaron diferencias significativas entre los estratos. Es considerable que el IMC es elevado uniformemente, con prevalencia de obesidad entre 25 y 34%.

La presencia de hipertensión arterial en el día del examen llegó a cifras entre 11,9% y 15,5%, sin diferencias significativas entre los estratos. Esta prevalencia es superior a lo referido por los trabajadores como antecedente personal de hipertensión. Esta discordancia es mayor en el estrato alto, donde solo 3,1% se reconoce como hipertenso, mientras que la medición de presión arterial mostró 14,4%.

Los niveles de saturación de oxígeno (%) por estratos fueron 96,4 en el bajo, 94,5 en el medio y 89,7 en el alto, en correspondencia con las altitudes de exposición. Al compararlos con valores de referencia según altitud geográfica, muestran valores superiores, lo que se interpreta como evidencia de buena aclimatación<sup>10</sup>.

En el examen médico segmentario se aprecia una mayor prevalencia de alteraciones neurológicas, cardiológicas, pulmonares y dermatológicas en el estrato alto, comparado con el medio y bajo. No hubo diferencias en ausencia del rojo pupilar como signo de opacidad del cristalino (cataratas). El signo Pterigion en grados 2 y 3 se presentó con menor prevalencia en el estrato bajo respecto a los estratos en altitud. A diferencia, la

<sup>10</sup>Botella de M., Compte L. Saturación arterial de oxígeno a gran altitud. Estudio en montañeros no aclimatados y en habitantes de alta montaña. Med Clin (Barc). 2005;124(5):172-6. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-5691200800060000](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-5691200800060000)

prevalencia de Mallampati en grados III/IV se observó menos en el estrato medio.

La presencia de varicocele palpable no visible y visible con maniobras de valsalva fue mas prevalente en estrato alto; mientras que sin maniobras de valsalva las prevalencias son bajas, menos de 1%.

En la tabla siguiente se informan los resultados para electrocardiogramas de 441 trabajadores evaluados el año 2016 y 96 trabajadores evaluados en el año 2017 correspondientes a 50 ausentes en las evaluaciones del año 2016 y a 46 reemplazos que ingresaron al estudio el 2017.

Tabla 22. Resultados de signos electrocardiográficos distribuidos según estrato de altitud de exposición

Variables	Total Media $\pm$ DS	Estrato bajo Media $\pm$ DS	Estrato medio Media $\pm$ DS	Estrato alto Media $\pm$ DS	Valor de referencia	valor <i>p</i>
<b>N</b>	<b>537</b>	<b>173</b>	<b>87</b>	<b>277</b>		
<b>2016</b>	<b>441</b>	<b>143</b>	<b>65</b>	<b>233</b>		
<b>2017</b>	<b>96</b>	<b>30</b>	<b>22</b>	<b>14</b>		
Frecuencia Cardíaca	68,2 $\pm$ 12,34	66,6 $\pm$ 12,8	65 $\pm$ 10,9	70,23 $\pm$ 12,2	60-100	0,0002
Intervalo R-R mseg	897,7 $\pm$ 153,6	911,2 $\pm$ 163,1	947,9 $\pm$ 161,3	873,4 $\pm$ 140,1		0,0001*
Intervalo PQ	156,7 $\pm$ 30,6	157,9 $\pm$ 30,6	162,8 $\pm$ 23,9	154,1 $\pm$ 32,2		NS
Complejo QRS	86,2 $\pm$ 20,75	87,9 $\pm$ 20,1	88,7 $\pm$ 16,4	84,3 $\pm$ 22,2	$\leq$ 100	NS
Intervalo QT	375,8 $\pm$ 44,2	372,6 $\pm$ 42	382,5 $\pm$ 35,5	375,7 $\pm$ 47,8	$\leq$ 450	NS
Razón QTC	397,82 $\pm$ 44,1	391,3 $\pm$ 38	395,4 $\pm$ 30,6	402,6 $\pm$ 50,3		NS
Segmento ST	0,09 $\pm$ 1,13	0,040 $\pm$ 1,83	0,4 $\pm$ 0,7	0,04 $\pm$ 0,5		0,028*

\* comparación estrato medio versus alto

NS: no significativo; aparecen sólo los valores de referencia que fueron entregados por el proveedor del servicio.

En virtud de lo expuesto se evidencia que no existen diferencias significativas en los parámetros evaluados entre el estrato bajo y los de mayor altura; salvo diferencia entre el estrato medio y alto en la frecuencia cardíaca y el intervalo R-R correspondiente a estas frecuencias cardíacas, señalando una mayor frecuencia cardíaca a gran altitud, en consonancia con la magnitud de la hipoxia hipobárica.

### III.2.2. Sobre su condición neuropsicológica y evaluación de funciones fronto-subcorticales (CANTAB)

Durante la serie de aplicaciones CANTAB 2017, se privilegió la selección de pruebas que cumplieran con los siguientes requisitos:

- (1) Han dado cuenta del impacto que presenta la exposición crónica intermitente a condiciones de altura en el procesamiento cognitivo y motor, lo cual ha sido evaluado a través de modelos multivariados ajustados por edad, escolaridad y la condición de cambio entre la evaluación del 2015 y 2016.
- (2) Corresponden a pruebas que exploran otras áreas de las funciones ejecutivas, las que pueden verse afectadas por la exposición crónica intermitente y se relacionan con el proceso de toma de decisión y eventual posibilidad de riesgo, lo cual resulta útil en un contexto de prevención de posibles riesgos
- (3) La suma del tiempo de todas las pruebas no excede a 40 minutos, lo cual resulta altamente beneficioso respecto de la información que brinda y eficiente en cuanto tiempo.

Siguiendo estos criterios, se utilizó el año 2017 las siguientes pruebas:

- 1) Reaction Time (RTI): tiene una duración de 3 minutos y corresponde a un test de atención que evalúa aspectos tales como precisión, velocidad motora y el aspecto dividido de la atención.
- 2) Motor Screening Test (MOT), tiene una duración de 2 minutos y es una prueba común a todas las baterías CANTAB que se suministra al comienzo de una sesión de prueba. Esta prueba de detección motora tiene dos propósitos: actuar como un procedimiento de entrenamiento para asegurar que los sujetos pueden apuntar con precisión, y proporcionar medidas de velocidad y precisión que brindan un índice de la habilidad motora de los sujetos.
- 3) Spatial Working Memory (SWM, 4 minutos). Esta prueba explora la memoria de trabajo visuoespacial a través de dos medidas que corresponden a los errores y el uso de una estrategia heurística. SWM es una prueba de la capacidad del sujeto para retener y manipular información visuo-espacial en la memoria de trabajo.
- 4) Stop Signal Task (SST, 20 minutos). Esta prueba evalúa control inhibitorio o inhibición de respuesta. Este test es nuevo en nuestra batería y añade otra dimensión al perfil cognitivo y a la investigación de la función de las funciones ejecutivas o funciones frontales.

La inclusión de esta última prueba nos pareció crucial ya que se relaciona con el proceso de toma de decisión en el trabajo en exposición crónica a condiciones de altura, en que resulta útil estudiar factores de riesgo cognitivo que podrían estar presentes en los trabajadores.

Tabla 23. Resultados instrumento CANTAB según estrato

Área	Variable		Estrato bajo Media ± DS	Estrato medio Media ± DS	Estrato alto Media ± DS	F (valor p)	Post-hoc		
							N 464	160	82
Screening motor (MOT)	MOT Mean Latency	-	598,50 (115,43)	585,50 (120,49)	573,13 (88,53)	0,06			
	MOT Mean Error	-	10,17 (2,94)	10,72 (2,03)	11,11 (2,33)	0,001		0,001	
	MOT Median Latency	-	560,07 (95,68)	544,50 (95,87)	547,35 (76,98)	0,27			
Spatial Working memory (SWM)	SWM Total Error 8 Boxes	-	3,11 (3,58)	2,35 (3,17)	3,11 (4,18)	0,26			
	SWM Between Errors 8 boxes	-	3,11 (3,56)	2,34 (3,15)	3,09 (4,15)	0,26			
Atención (RTI)	RTI Mean Simple Movement Time	-	161,50 (42,27)	139,04 (28,59)	172,21 (42,85)	0,001	0,001	0,03	0,001
	RTI Mean Five Choice Movement Time	-	199,50 (44,38)	169,82 (42,87)	201,65 (53,60)	0,001	0,001		0,001
	RTI Median Simple Movement Time	-	159,37 (42,99)	137,22 (29,17)	178,76 (43,03)	0,001	0,001	0,02	0,001
	RTI Median five Choice movement Time	-	196,27 (44,76)	167,29 (44,10)	197,62 (52,31)	0,001	0,001		0,001
	RTI Median simple reaction time	-	272,54 (24,52)	281,53 (23,95)	291,58 (33,13)	0,001		0,001	0,02
	RTI Median Five Choice reaction time	-	317,87 (34,05)	321,29 (27,02)	329,80 (37,92)	0,001		0,001	
SSTSSD50	Stop Signal Task		586,54 (166,4)	538,81 (175,9)	681,20 (147,9)	0,0001		0,0001	0,0001

NS no significativo; \*Bajo vs alto; \*\*Significativo para todas las comparaciones; \*\*\* Alto vs bajo y alto vs medio; \*\*\*\*Medio vs bajo y medio vs alto

Durante el 2016 se llevó a cabo el estudio de esta área a través de la prueba SOC de planificación que proporciona una medida acerca de cuanta información considera el sujeto del medio interno y externo, para realizar una actividad que implica tomar decisiones. En el 2017 hemos decidimos explorar otra arista de este proceso ejecutivo y considerar una medida relacionada con el control de los impulsos y la capacidad para inhibir una respuesta habitual en favor de una respuesta que es menos habitual, pero adecuada a la ocasión. El análisis de la prueba Stop Signal Task (SST) mostró diferencias significativas entre los grupos; tanto el estrato medio como el estrato bajo tuvieron puntuaciones significativamente menores en SST SSD 50 en comparación con el estrato alto (puntuaciones mayores indican que la inhibición es exitosa). Sin embargo, el estrato medio y el estrato bajo tuvieron puntuaciones SST SSD 50 similares ( $p = 0,09$ ).

Se observan diferencias significativas en medidas que evalúan destreza motora, específicamente en medidas que incluyen precisión. El estrato alto presenta en promedio valores mayores que el estrato bajo, sugiriendo menor precisión (MOT Mean Error). En la misma línea el estrato alto presenta un mayor tiempo de reacción y de movimiento, es decir un peor rendimiento en pruebas que evalúan atención respecto del estrato bajo (RTI; Mean Simple Movement Time; Median Simple Movement Time; Median Simple Reaction

Time; Median Five Choice Reaction time,  $p < 0,05$ ) y respecto del estrato medio (RTI; Mean Simple Movement Time; Mean five choice movement time; Median Simple Movement Time; Median Five Choice Movement Time; Median simple reaction time,  $p < 0,05$ ). No obstante, el estrato medio presenta un mejor rendimiento en comparación con el estrato bajo (RTI; Mean Simple Movement Time; Mean five choice movement time; Median Simple Movement Time; Median Five Choice Movement Time,  $p < 0,05$ ).

### III.2.3. Sobre su condición de enfermedad de altura

Tabla 24. Mal Agudo de Montaña según estrato, 2017

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>496</b>	<b>167</b>	<b>86</b>	<b>243</b>	
Lake Louise Día alterado hoy en día (%)	4,3	2,8	3,4	5,5	NS
Lake Louise Día alterado al día 1 (%)	12,3	3,9	10,1	18,1	0,0001

NS no significativo

La presencia de Mal Agudo de Montaña, LLQ alterado, es baja, solo 4,3% en el mismo día del examen (efectuado entre el 2° y 6° día), en todos los estratos, sin diferencias significativas. Por el contrario, la prevalencia en el primer día del turno sigue una tendencia estrechamente vinculada a la altitud de exposición. Así es como en el estrato alto la prevalencia de LLQ alterado compromete al 18,1% de los expuestos, mientras que en el estrato bajo solo compromete a 3,9% de los trabajadores, y en el medio a 10,9%, siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

La presencia en el estrato alto de 18,8% de Mal Agudo de Montaña en el día 1, concuerda con lo observado en los años 2015 y 2016, cuyas prevalencias fueron 28,4 y 23,6% , respectivamente.

### III.2.4. Sobre su condición metabólica

Una vez tomada la muestra de sangre, ésta fue inmediatamente rotulada, centrifugada y congelada en la faena, para ser trasladadas al término del trabajo de campo al Laboratorio del Hospital Clínico de la Universidad de Chile. En el lugar fueron recibidas y revisadas por la tecnóloga médica de turno y refrigeradas. A continuación, se presentan los resultados de cada examen estratificados por altura.

Tabla 25. Resultados de pruebas bioquímicas según estrato de altura, 2017

VARIABLES	Total Media ± DS	Estrato bajo Media ± DS	Estrato medio Media ± DS	Estrato alto Media ± DS	valor p
<b>N</b>	<b>466</b>	<b>160</b>	<b>85</b>	<b>222</b>	
Colesterol total (mg/dl)	201,4 ±40,47	197,1 ±325,3	210,6 ±48,9	201,1±40,0	0,05
Colesterol HDL (mg/dl)	41,7±9,5	44,3±9,8	43,2 ±8,5	39,2 ±9,1	0,0001
Colesterol LDL (mg/dl)	125,4 ±62	123,9 ±93,1	131,6±42,6	124,2 ±34,2	NS
Triglicéridos (mg/dl)	183,3 ±112,4	180,6 ±109,4	161,4 ±99,3	193,5±118,2	0,07
Creatinina (mg/dl)	1,07 ±0,7	1,1 ±0,8	1,1 ±1,1	1,1 ±0,1	NS
Glicemia (mg/dl)	88,9 ±9,9	87,3 ±12,2	89,7 ±9,9	89,7 ±7,7	0,04
Hematocrito (%)	49,5±4,6	46,8±4,5	48,2±3,6	51,9±3,5	0,0001
Hemoglobina (mg/dl)	16,7±1,7	15,7±1,4	15,9±1,3	17,7±1,5	0,0001
PCR us (mg/l)	2,2 ±3,9	2,3 ±3,9	1,7 ±1,9	2,2 ±4,5	NS
<b>N</b>	<b>461</b>	<b>158</b>	<b>83</b>	<b>220</b>	
Interleucina-6 (pg/ml)	24 ±25	11±9	20±15	36±29	0,0001

NS: no significativo

PCRus: Riesgo bajo:< 1,0, Riesgo medio: 1,0-3,0, Riesgo alto:> 3,0

La distribución de lípidos, colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos no guardaron relación con la altitud, mientras que el colesterol HDL mostró valores mayores en el estrato bajo. Los niveles de creatinina y de glicemia de la muestra no guardan relación con la altitud de exposición. El nivel de glicemia poblacional chileno en la ENS fue más elevado 89,9 (88,5-91,4) mg/dl que las cifras de los tres estratos estudiados.

Sobre el hematocrito y hemoglobina es evidente el efecto de la exposición a hipoxia hipobárica, con ascensos desde 46,8 a 51,9% y desde 15,7 a 17,7 gr/dl, respectivamente. Los niveles de hemoglobina en el estrato alto son mayores a los reportados en estudios de exposición intermitente en altitudes semejantes (3800-4300 msnm, 16,3 a 16,7

gr/dl),<sup>11, 12</sup> y menores a lo observado en hombres de población andina residente en estas altitudes, cuya hemoglobina promedio es 19,2 gr/dl.<sup>13</sup>

En la muestra de mineros, la proteína C reactiva ultrasensible, PCRus, presentó una media por sobre 2 mg/l, sin diferencias significativas entre los estratos. Por estar sobre 1 mg/l se considera anormal, sugiriendo la presencia de alguna actividad inflamatoria. La PCRus es un biomarcador inespecífico con asociación a muy diversos factores genéticos y clínicos (inmunológicos, infecciosos, oncológicos, traumáticos, disfunción endotelial, entre otros), y también a hipoxia intermitente en el sueño (apnea), estrés ocupacional, obesidad y turnos nocturnos.<sup>14, 15, 16, 17</sup> También se ha postulado que se presentan mayores niveles de PCRus en altitud cuando al efecto de la hipoxia se le suma la influencia de los trastornos del sueño.<sup>18</sup> No se ha constatado el efecto de material particulado de polvos minerales en la construcción de túneles subterráneos.<sup>19</sup>

El análisis de interleucina-6, otro marcador de inflamación mostró una gradiente significativa de aumento en sus valores con la mayor altitud (Tabla 25 y Figura 6). No se encontró una relación entre nivel de interleukina-6 y PCRus (R ajustado 0,0001; p=0,187).

---

<sup>11</sup> Richalet JP, Vargas M, Cortés G, León A, Hudson C, Jiménez D. Hematological Response in Chilean Workers in Intermittent Hypoxia. *High Alt Med & Biol* 3(1):136, 2002-

<sup>12</sup> Mejia C, Quiñones D, Gómero R, Pérez-Pérez L. Hemoglobin changes (Hb) in miners exposed to high altitude and associated factors. *Gac Med Mex.* 2017; 153:153-8

<sup>13</sup> Beall C, Brittenham G, Strohl K, Blangero J, et al. Hemoglobin Concentration of High-Altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *American Journal of Physical Anthropology* 106:385-400, 1998

<sup>14</sup> Nadeem R; Molnar J; Madbouly EM; Nida M; Aggarwal S; Sajid H; Naseem J; Loomba R. Serum inflammatory markers in obstructive sleep apnea: a meta-analysis. *J Clin Sleep Med* 2013;9(10):1003-1012.

<sup>15</sup> Emeny R, Lacruz ME, Baumert J, Zierer A, Eisenhart A, Autenrieth C, Herder C, Koenig W, Thorand B, Ladwig KH. Job strain associated CRP is mediated by leisure time physical activity: results from the MONICA/KORA study. *Brain Behav Immun.* 2012 Oct;26(7):1077-84. doi: 10.1016/j.bbi.2012.07.004.

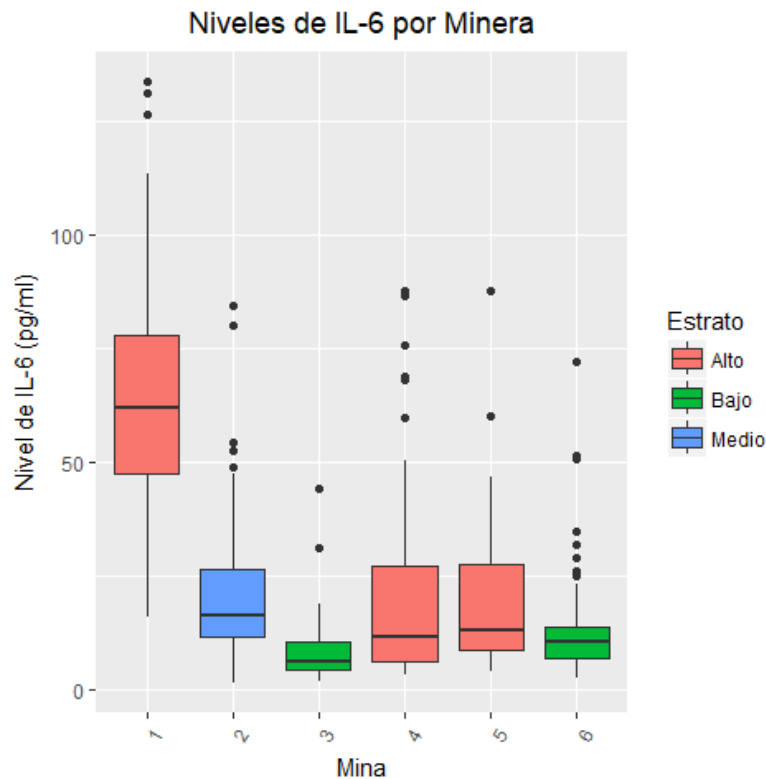
<sup>16</sup> Aronson D, Bartha P, Zinder O, Kerner A, Markiewicz W, Avizohar O, Brook G, Levy Y. Obesity is the major determinant of elevated C-reactive protein in subjects with the metabolic syndrome. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2004 May;28(5):674-9. *J Am Heart Assoc.* 2016 Oct 26;5(11). pii: e004554.

<sup>17</sup> Kim SW, Jang EC, Kwon SC, Han W, Kang MS, Nam YH, Lee YJ. Night shift work and inflammatory markers in male workers aged 20-39 in a display manufacturing company. *Ann Occup Environ Med.* 2016 Sep 20; 28:48. doi: 10.1186/s40557-016-0135-y.

<sup>18</sup> Lemos V, Thomatieli R, Santos F, Rodrigues B, Tufik S, Mello M. Can High Altitude Influence Cytokines and Sleep? *Mediators of Inflammation* 2013; Article ID 279365. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/279365>

<sup>19</sup> Ellingsen DG, Ulvestad B, Bakke B, Seljeflot I, Barregard L, Thomassen Y. Serum pneumoproteins in tunnel construction workers. *Int Arch Occup Environ Health.* 2015 Oct;88(7):943-51. doi: 10.1007/s00420-015-1023-4.

Figura 6. Interleucina-6 según estratos y minas



A continuación, se muestran los resultados de algunas pruebas bioquímicas según los puntos de corte establecidos como rangos de normalidad.

Tabla 26. Prevalencia de Hipertensión Arterial >140/90 en años 2015, 2016 y 2017, según estratos

Año	Total %	Estrato bajo %	Estrato medio %	Estrato alto %
2015 n=483	23,7	26,5	31,5	18,3
2016 n=441	21,3	11,2	16,0	28,8
2017 n=465	13,7	11,9	15,5	14,4

La prevalencia de trabajadores con cifras tensionales sobre 140/90 en las evaluaciones de los años 2015, 2016 y 2017 han mostrado cambios en todos los estratos. Así es como tanto en el estrato bajo y medio disminuyó la prevalencia en los años 2016 y 2017 respecto al año 2015. Por su parte en el estrato alto la evolución ha sido dispar, con mayor prevalencia en el año 2016 que el año previo y el posterior. Por lo cual, si en el año



2016 se observó una diferencia significativa en la prevalencia de hipertensión arterial, esta no se ha confirmado en el año 2017.

Tabla 27. Prevalencia de Resultados de Exámenes Anormales según estratos año 2017

Variables en niveles anormales	Total %	Estrato bajo %	Estrato medio %	Estrato alto %	valor p
<b>N</b>	<b>466</b>	<b>160</b>	<b>84</b>	<b>222</b>	
Colesterol total	50,4	47,5	54,7	50,4	NS
Colesterol HDL	45,3	34,4	36,9	56,3	0,0001
Colesterol LDL	28,5	21,3	40,7	29,2	0,007
Triglicéridos	56,2	58,1	41,7	60,4	0,011
Creatinina	1,5	1,2	1,2	1,8	NS
Glicemia	7,7	7,5	7,1	8,1	NS
PCR Ultrasensible	40,6	41,2	40,5	40,1	
-Riesgo Bajo	42,7	38,7	45,2	44,6	NS
-Riesgo Medio	17,7	20,0	14,3	15,3	
-Riesgo Alto					

*Los valores de referencia de normalidad para los parámetros bioquímicos estudiados, de acuerdo al laboratorio clínico y sus técnicas (Hospital Clínico Universidad de Chile) son Colesterol total: menor a 200 mg/dL; Colesterol HDL: 40-60 mg/dL; Colesterol LDL 0-140 mg/dL; Triglicéridos: menor a 150 mg/dL; Creatinina 0,8-1,5 mg/dL; Glucosa: 75-100 mg/dL, y PCR ultrasensible: riesgo bajo menor a 1,0 mg/dL, riesgo medio 1.0-3.0, riesgo alto mayor de 3.0 mg/dL.*

En el año actual la prevalencia de colesterol total, creatinina y glicemia en cifras elevadas no muestran diferencias entre los estratos. El colesterol HDL anormal es mas prevalente en el estrato alto, y el colesterol LDL en el estrato medio. Por su parte los triglicéridos elevados son mas prevalentes en los estratos bajo y medio.

Respecto a la PCRus la prevalencia de portadores con algunos de los tres niveles de riesgo no guarda relación con la exposición a altitud.

En comparación con los resultados del año 2016, se aprecian aumento en la prevalencias de valores anormales de colesterol total, colesterol LDL, triglicéridos y glicemia, una reducción de colesterol HDL anormal y mantención de la prevalencia de creatinina y PCRus alterados.

### III.2.5. Sobre su condición de sueño

Tabla 28. Calidad de sueño según estrato

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>488</b>	<b>165</b>	<b>86</b>	<b>237</b>	
Insomnio conciliación (>30 min) en turno de noche (%)	9,8	10,9	4,7	11,0	NS
Insomnio conciliación en turno de día (>30 min) (%)	10,0	8,9	7,1	12,0	NS
Horas de sueño turno noche (<6 hrs) (%)	41,7	29,8	30,6	54,2	0,0001
Horas de sueño turno día (<6 hrs) (%)	31,2	17,6	10,4	48,1	0,001

En cuanto a calidad de sueño, la presencia de insomnio de conciliación no mostró diferencias significativas entre los estratos, como tampoco en turnos de noche y de día. Sin embargo, la alteración del sueño medida como “horas totales menores a 6 horas” es más prevalente en el estrato alto, tanto en turno de noche como de día, siendo 54,2% y 48,1%, respectivamente, cifras mayores que en los estratos medio y bajo. En todos los estratos aumenta la prevalencia de sueño alterado en el turno de noche en 10 puntos porcentuales respecto al turno de día, probablemente por el efecto de alteración del ciclo circadiano. De este modo se puede señalar que la condición más desfavorable ocurre en trabajadores expuestos a más de 3900 metros y en turno de noche.

### III.2.6 Sobre su condición oftalmológica (cataratas)

Tabla 29. Rojo pupilar observación cataratas según estrato

Variable	Total	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p
<b>N</b>	<b>465</b>	<b>159</b>	<b>84</b>	<b>222</b>	
<i>Examen Médico</i>					
Ausencia de rojo pupilar (%)	0,4	0	0	0,9	NS

### III.2.7 Sobre los accidentes del trabajo

Según la información enviada por SUSESO respecto de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales calificadas por los Organismos Administradores se observó lo siguiente:

Tabla 30. Accidentes según estratos por año y Tasa Accidentabilidad c/100 trabajadores (Período 2015-2017)

Variables	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto
<b>N 517</b>	<b>176</b>	<b>89</b>	<b>253</b>
N° Accidentes 2017	1	0	0
N° Accidentes 2016	0	0	1
N° Accidentes 2015	0	1	4
Tasa Accidentabilidad c/100 trabajadores Promedio anual del período	0,19	0,37	0,66
Razón de tasas	0,005 ( 0,0001- 0,031)	0,011 (0,0002-0,62)	0,019 (0,006-0,046)

En el periodo 2015 a 2107 se han registrado 7 accidentes del trabajo entre 517 trabajadores pertenecientes a la cohorte. La tasa de accidentabilidad c/100 trabajadores por año es menor en el estrato bajo respecto a los estratos medios y alto.

En el mismo período no se han notificado enfermedades profesionales en este grupo de trabajadores.

Mediante la participación de SUSESO se ha logrado acceder a los exámenes ocupacionales realizados por los OAL (mutuales y administración delegada) de los trabajadores pertenecientes a la cohorte en estudio, vigentes en el año 2017, manteniendo estricto resguardo de la confidencialidad de los datos clínicos según protocolo.

La información remitida por los OAL incluye resultados de exámenes efectuados a los trabajadores entre los años 2015 a 2017, seleccionando el último realizado. Esto significa que las evaluaciones han sido realizadas a nivel de mar, por diferentes equipos clínicos y diferentes laboratorios de Iquique, Antofagasta, Chañaral, Copiapó, La Serena y Los Andes.

Para fines del presente estudio se considera que esta información, aunque originada con metodologías diversas, pueden servir de referencia para comparar con las mediciones estandarizadas ejecutadas por el equipo de terreno de la Escuela de Salud Pública en las faenas mineras, y el procesamiento de muestras en el laboratorio del Hospital Clínico de la Universidad de Chile.

Para este análisis se compararon las diferencias entre los resultados obtenidos por OAL, representativos de la condición de nivel de mar y fuera de la faena, respecto a los resultados del año 2017 de la cohorte en los tres estratos.

En la tabla siguiente se muestran las diferencias de 12 parámetros biológicos.

Tabla 31. Diferencias de resultados de exámenes medidos a nivel de mar por OAL respecto a mediciones efectuadas en faena 2017, según estratos

Variables, exámenes	Total diferencias	Estrato bajo	Estrato medio	Estrato alto	valor p entre estratos
N	438	148	84	206	
Peso, kg	2,0	2,9	1,8	1,5	0,0031
Talla, cm	-0,8	-0,7	-0,1	-1,0	0,0000
Frecuencia cardíaca lat/min	12,2	9,4	6,0	16,9	0,00001
Presión arterial sistólica mmHg	5,7	4,0	0,5	9,0	0,00001
Presión arterial diastólica mmHg	9,4	8,8	8,6	10,1	NS
Colesterol total mg/dl	21,9	17,1	17,2	26,8	0,0146
Colesterol HDL mg/dl	-1,0	2,0	-1,3	-2,9	0,00001
Colesterol LDL mg/dl	21,3	22,3	18,4	22,0	NS
Triglicéridos mg/dl	18,3	16,3	-17,6	33,9	0,0025
Creatinina mg/dl	0,1	0,2	0,2	0,1	NS
Glicemia gr/dl	-0,5	-2,2	3,8	-1,1	0,0001
Hemoglobina gr/dl	0,6	-0,2	0,3	0,8	0,0039

Las mediciones del peso efectuadas en faenas de los tres estratos mostraron 2,0 kg de peso mayor en promedio que las mediciones efectuadas por los OAL, con mayor diferencia en el estrato bajo, que en los estratos medio y alto. Este aumento de peso está dentro de las desviaciones estándar de los pesos informados en la Tabla 20.

En cuanto a las mediciones de talla, las diferencias son menos de 1 cm en las evaluaciones en terreno respecto a las informadas por OAL, lo que evidencia alta correspondencia entre ambas mediciones.

La frecuencia cardíaca medida en faena es mas elevada que la informada por OAL por sobre 6 latidos/ min en todos los estratos. Esta mayor frecuencia podría estar asociada a que la medición en terreno se hace dentro de un día de turno, mientras que las mediciones de OAL, generalmente no lo son. En el estrato alto se constata que la frecuencia cardíaca de reposo es 16,9 latidos mayor que a nivel de mar, por la probable suma del contexto ocupacional más la hipobaría.

También la presión arterial sistólica en el estrato alto es mayor que la evaluación en OAL, con un aumento de 9,0 mmHg. Hay diferencia significativa respecto a los aumentos en estratos medio y bajo. En cambio, la presión arterial diastólica no guarda relación con la altitud, de tal modo que, al tomar la presión en faena, en todos los estratos muestra sobre 8,6 mmHg de aumento, respecto a la medición en un OAL, lo que podría interpretarse como efecto de estar afectado por la exigencia ocupacional, cuando se mide en terreno.

En cuanto a las comparaciones de lípidos, colesterol total, LDL y triglicéridos, en las mediciones en terreno se constatan cifras mas elevadas que en las evaluaciones de OAL, con diversas variaciones entre los estratos. El colesterol HDL también es distinto en terreno, con reducción mas acentuada en el estrato alto. Es difícil interpretar estas diferencias dada la dependencia multifactorial de los niveles de lípidos, donde también la alimentación y ejercicio en los días del examen pueden estar influyendo.

Las diferencias en los niveles de creatinina y glicemia, 0,1 y -0,5 encontrado en faena, respecto a los de OAL, son muy pequeñas.

Los niveles de hemoglobina observados en las mediciones en terreno siguen una tendencia de aumento desde el estrato bajo al estrato alto, comparado con lo reportado por OAL para los mismos trabajadores, siendo notorio 0,8 grs hemoglobina mayor en el estrato alto que a nivel de los OAL; esta diferencia corresponde a un promedio de 16,8 grs a nivel de mar y 17,7grs en la medición en terreno a gran altitud. La magnitud de esta diferencia es de 5%, lo que concuerda con el efecto fisiológico de hemoconcentración que la hipoxia hipobárica genera en los expuestos tanto en exposición aguda como en la intermitente, condicionada por una reducción del volumen plasmático que cae 10 a 15% entre los 3600 y 3800 metros.<sup>20,21</sup> La cifra de 0,8 gr mayor a gran altitud coincide con lo descrito en dos experiencias en mineros chilenos. Por una parte, Moraga et al describe un

---

<sup>20</sup> Jung R, Dill D, Horton R, Horvath M. Effects of age on plasma aldosterone levels and hemoconcentration at altitude. J Appl Physiology 1971 (31), 4:593-597

<sup>21</sup> Schmidt W. Effects of intermittent exposure to high altitude on blood volume and erythropoietic activity. High Alt Med Biol 2002. 3:167-176

aumento de 0,8 grs en trabajadores evaluados a 3800 m respecto a nivel de mar, y Richalet informa de 1 gr constatado en la cohorte de mineros en exposición intermitente seguida durante 2,5 años.<sup>22,23</sup> Por consecuencia, es necesario considerar que en la exposición intermitente existe una oscilación cíclica del volumen plasmático entre nivel de mar y altitud, sin repercusión patológica. La presencia de esta hemoconcentración debe ser considerada cuando se indique evaluaciones por sobre los 3000 metros de altitud, de niveles plasmáticos de parámetros biológicos.

En relación con la radiografía de tórax se muestran los resultados del porcentaje logrado y los resultados de las radiografías del estrato bajo.

Tabla 32. Evaluación de Radiografía tórax en estrato bajo

	Mina 6	Mina 3
N total de trabajadores que aceptan evaluación de Rx	104	55
Horas agendadas	81	42
Asisten	33	24
Pierden hora	47	18
No acepta realizar RX	1	0
No se logra contacto	23	13

Tabla 33. Resultados radiografías de tórax

Minera	Rx informadas	Rx normales	Rx alteradas
Mina 1***	80	79	1*
Mina 2****	87	87	0
Mina 3****	24	24	0
Mina 4***	81	79	2**
Mina 5***	91	91	0
Mina 6****	33	33	0

\* Una radiografía presentó un patrón reticular. \*\* En la base no indican que tipo de alteración tiene.  
\*\*\* Mina de estrato Alto \*\*\*\*Mina de estrato Bajo \*\*\*\*\*Mina de estrato Medio.

<sup>22</sup> Moraga, Fernando A., Osorio J, Calderón J, Pedreros A. Hemoconcentration during maximum exercise in miners with chronic intermittent exposure to hypobaric hypoxia (3800 m). High Alt Med Biol. 2018 (1):15-20. doi: 10.1089/ham.2017.0011.

<sup>23</sup> Richalet JP, Vargas M, Cortés G, León A, Hudson C, Jiménez D. Hematological Response in Chilean Workers in Intermittent Hypoxia. High Alt Med Biol 3(1):136, 2002.

### III.2.8. Análisis multivariados y longitudinal

Para cada variable de resultado se elaboraron tres diferentes modelos estadísticos que se detallan a continuación:

- 1) modelo para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad.
- 2) modelo para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad y por medición año 2016.
- 3) modelo para la asociación entre ocurrencia de evento acumulado (en cualquier momento del estudio) y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad. La prevalencia de periodo se define como aquel trabajador que presentó al menos un evento entre 2015 y 2017.

Tabla 34. Modelos multivariados para el año 2017 y para el análisis longitudinal

Variable		n	Estrato 2 (referencia 1)		Estrato 3 (referencia 1)	
			Odds Ratio	p	Odds ratio	p
MAM día 1	Modelo 1	449	3,67 (1,11;12,11)	0,038	9,01 (2,23; 36,31)	0,010
MAM día 1	Modelo 2	367	2,92 (0,27; 6,68)	0,021	5,03 (1,43; 17,29)	0,020
Prevalencia de período MAM día 1	Modelo 3	459	1,63 (0,67;3,96)	NS	5,01(1,85;13,60)	0,009
Sueño alterado turno día	Modelo 1	463	0,43(0,30;0,62)	0,002	0,87 (0,43; 1,75)	NS
Sueño alterado turno día	Modelo 2	415	0,50 (0,37; 0,68)	0,002	0,77 (0,34;1,72)	NS
Prevalencia de período sueño alterado turno día	Modelo 3	463	0,43(0,30;0,63)	0,002	1,10(0,34;3,57)	NS
Sueño alterado turno noche	Modelo 1	463	0,67 (0,60;0,73)	<0,001	0,96 (0,46;2,00)	NS
Sueño alterado turno noche	Modelo 2	415	0,78 (0,51;1,18)	NS	1,07 (0,62;1,84)	NS
Prevalencia de período sueño alterado. turno noche	Modelo 3	463	1,75 (0,27;11,13)	NS	0,35 (0,02;5,40)	NS
Horas sueño disminuido turno día (<6 hrs)	Modelo 1	463	0,52 (0,30;0,93)	0,033	4,43 (1,78;11,06)	0,009
Horas sueño disminuido turno día (<6 hrs)	Modelo 2	373	0,42 (0,29;0,61)	0,002	4,66 (1,44;15,06)	0,020
Prevalencia de período horas sueño disminuido turno día (<6 hrs)	Modelo 3	463	0,84 (0,47;1,52)	NS	2,89(1,31;0,35)	0,018
Horas sueño disminuido turno noche (<6 hrs)	Modelo 1	443	0,76 (0,48;1,21)	NS	2,02 (0,79;5,18)	NS

Horas sueño disminuido turno noche (<6 hrs)	Modelo 2	351	0,62 (0,31;1,25)	NS	1,97(0,66 ;5,87)	NS
Prevalencia de período sueño disminuido turno noche (<6 hrs)	Modelo 3	455	0,78 (0,53;1,15)	NS	1,89 (0,49; 7,28)	NS
Insomnio turno día (>30min)	Modelo 1	463	0,35 (0,14;0,88)	0,033	0,71(0,32;1,56)	NS
Insomnio turno día (>30min)	Modelo 2	373	0,59 (0,19;1,78)	NS	0,94 (0,39;2,24)	NS
Prevalencia de período Insomnio turno día (>30min)	Modelo 3	463	0,43 (0,19;0,94)	0,040	1,12 (0,43;2,95)	NS
Insomnio turno de noche (>30min)	Modelo 1	443	0,68 (0,35;1,31)	NS	1,12 (0,24;5,06)	NS
Insomnio turno de noche (>30min)	Modelo 2	351	1,13 (0,53;2,42)	NS	1,29 (0,44;3,73)	NS
Prevalencia de período Insomnio turno de noche (>30min)	Modelo 3	455	0,69 (0,32;1,45)	NS	1,33 (0,26;0,88)	NS

*Modelo1: ajustado por edad, nivel de educación, trabajo sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso /obesidad*

*Modelo2: ajustado por edad, nivel de educación, trabajo sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso/obesidad y medición anterior; Modelo3: para prevalencias de periodo ajustado por edad, nivel de educación, trabajo sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso /obesidad*

Se observa una mayor frecuencia de MAM en el estrato medio (OR 3,67 (1,11;12,11)) y en el estrato alto (OR 9,01 (2,23; 36,31)). Esta tendencia se mantiene después de ajustar por la medición del año anterior. Al comparar la prevalencia de periodo de MAM se observa que la frecuencia es 5 veces mayor en el estrato alto comparado con el bajo.

La persistente prevalencia de MAM en el primer día de turno a gran altitud, de trabajadores considerados aclimatados, señala un efecto de desaclimatación en los días de descanso a nivel de mar, y la necesidad de contar con medidas que mitiguen esta dolencia, y adecuación del nivel de exigencias ocupacionales de este día. Algunas recomendaciones preventivas de la medicina de montaña son uso de acetazolamida, preaclimatación, oxígeno en casos acentuados, etc.<sup>24</sup>

Respecto de la calidad de sueño, se analizaron tres variables: sueño alterado según encuesta de Pittsburgh, horas de sueño disminuido, e insomnio, en turnos de día y noche. El estrato medio presenta la menor frecuencia de sueño alterado en turno de día (OR= 0,43 (0,30;0,62)), lo que se mantiene al ajustar por la medición anterior y en la prevalencia de periodo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los estratos en relación con sueño alterado en turno de noche. Se observa que en el estrato alto el odds de horas de sueño disminuido en turno de día es de 4,4 veces respecto del estrato

<sup>24</sup> Luks AM, McIntosh SE, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW, Schoene RB, Zafren K, Hackett PH. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Acute Altitude Illness:2014 Update. Wilderness Environ Med. 2014 Dec;25(4 Suppl):S4-14. doi: 10.1016/j.wem.2014.06.017



bajo (OR=4,43 (1,78;11, 06)); sin embargo, estas diferencias se diluyen en horas de sueño turno de noche. También el estrato medio presenta la menor frecuencia de insomnio en turno de día (OR=0,35 (0,14; 0,88)). No se encontró evidencia suficiente respecto de diferencias en la comparación de insomnio en turno de noche entre los estratos.

En salud ocupacional, cada vez se da mayor importancia a evaluar las horas de sueño previo a una jornada laboral, dada la estrecha relación entre horas reducidas de sueño con menor productividad y mayor riesgo de accidentes. Particularmente se preconiza identificar a sujetos que se presenten al trabajo con privación de sueño, para tomar medidas si son conductores (transportes pasajeros, pilotos barcos/aviones).<sup>25, 26</sup>

Tabla 35. Modelos multivariantes y longitudinales para HTA, obesidad y varicocele

Variable	Modelo	N	Estrato 2 (referencia 1)		Estrato 3 (referencia 1)	
			Odds Ratio	p	Odds ratio	p
HTA	1	443	1,42 (0,49; 4,20)	NS	1,47 (0,26; 5,47)	NS
HTA	2	353	0,83 (0,47; 1,48)	NS	0,47 (1,16; 1,34)	NS
Prevalencia de período HTA	3	443	1.50 (0,45;3,03)	NS	1,43 (0,58;3,54)	NS
Obesidad	1*	464	0,57 (0,48; 0,80)	0,009	0,64 (0,36; 1,13)	NS
Obesidad	2*	366	0,18 (0,08; 0,39)	0,002	0,78 (0,28; 2,17)	NS
Prevalencia de período Obesidad	3*	495	0,71 (0,45;1,13)	NS	0,72(0,35;1,47)	NS
Varicocele	1**	464	(0,46; 2,80)	NS	14,6 (5,9; 36,5)	0,001

Los modelos con \* excluyen la variable sobrepeso /obesidad en el ajuste.

\*\*Modelo 1, excluye nivel de educación.

Para HTA se encontró un mayor riesgo en los trabajadores de estrato medio y alto, aunque las diferencias no resultaron estadísticamente significativas (modelo 1), sin embargo, hubo un 50% de mayor frecuencia en el estrato medio y alto. En el modelo 2 se observa que para sujetos con la condición de HTA en 2016 hay una reducción no estadísticamente significativa en el 2017 en todos los estratos. Lo mismo se observa cuando se comparan la prevalencia de periodo (p NS).

<sup>25</sup> Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research, Colten HR, Altevogt BM, editors. Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem. Extent and health consequences of chronic sleep loss and sleep disorders, vol. 3. Washington, DC: National Academies Press (US); 2006. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK19961/>

<sup>26</sup> Muñoz A, Perez L. Características y Hábitos de Sueño en Operadores de Maquinaria Pesada que Trabajan por Turnos Diurnos y Nocturnos en Mina a Gran Altitud Geográfica. Archivos de Medicina. 2017 (13) 2: 1-9. doi: 10.3823/1341

El análisis de obesidad muestra una mayor frecuencia en el estrato bajo en comparación con el medio y alto, siendo solo el estrato medio estadísticamente significativo en los modelos 1 y 2.

La presencia de Varicocele es notoriamente más elevada en el estrato alto, con un odds de 14, 6 veces de mayor riesgo que a baja altitud.

En la siguiente tabla se muestran las variables de resultados continuas. Para cada variable de resultado se elaboraron tres diferentes modelos estadísticos que se detallan a continuación:

- 1) modelo (M1) para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad.
- 2) modelo (M2) para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad y por medición año 2016.
- 3) modelo (M3) para la asociación entre la diferencia de mediciones en el tiempo y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar y sobrepeso / obesidad.
- 4) modelo (M4) para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar, alteración del sueño y sobrepeso / obesidad
- 5) modelo (M5) para la asociación entre variable resultado 2017 y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar, alteración del sueño y sobrepeso / obesidad, alteración del sueño y por medición año 2016.
- 6) modelo (M6) para la asociación entre la diferencia de mediciones en el tiempo (en cualquier momento del estudio) y la exposición a la altura ajustado por edad, nivel educación, trabajo sobre 3000 m nivel del mar, alteración del sueño y sobrepeso / obesidad.

Tabla 36. Modelos multivariantes y longitudinales para variables de resultados continuas

Variable	n	Estrato 2 (referencia 1)		Estrato 3 (referencia 1)		Constante	
		Coefficientes	p	Coefficientes	p	Coefficiente	p
Sat Oxígeno, M1	464	-2,87 (-5,17; -0,57)	0,024	-7,63 (-11,16; -4,08)	0,003	98,03 (94,03;102,02)	<0,001
Sat Oxígeno, M2	366	-2,35 (-4,34; -0,36)	0,029	-5,89 (-9,73; -2,05)	0,011		
Dif. Sat Oxígeno, M3	416	-0,40 (-1,54;0,73)	NS	-0,45 (-4,55;3,65)	NS	-0,07 (-2,30;2,16)	NS
Escala de Borg, M1	463	-0,04 (-0,61; -0,51)	NS	-0,10 (-0,81; 0,60)	NS	4,39 (3,76;5,03)	<0,001
Escala de Borg, M2	365	0,11 (-0,22; 0,43)	NS	0,18 (-0,54; 0,91)	NS		
Dif. Escala de Borg, M3	365	0,19 (-0,12;0,49)	NS	0,50 (-0,56;1,16)	NS	-0,48 (-1,56;0,61)	NS
Colesterol, M1	462	21,19 (8,87; 33,51)	0,007	11,31 (-10,95;	NS	156,17	<0,001

				33,57)		(121,90;190,45)	
Colesterol, M2	323	0,60 (-15,20;16,42)	NS	-1,85 (-19,87;16,16)	NS		
Dif.Colesterol, M3	323	-18,38(-33,34; -3,42)	0,025	-10,66 (-29,68;8,36)	NS	42,16 (3,96;80,36)	0,036
Glucosa, M4	430	2,78 (1,00;4,56)	0,010	3,06 (-1,01;7,14)	NS	77,32 (73,23;81,41)	<0,001
Glucosa, M5	305	2,38 (0,33;4,44)	0,031	3,19 (-1,42;7,80)	NS		
Dif. Glucosa, M6	305	-1,89 (-7,87;4,09)	NS	5,97 (-3,38;15,32)	NS	-1,65(-14,58;11,29)	NS
PCR, M4	430	-0,30 (-0,82;0,21)	NS	0,26(-1,14;1,65)	NS	1,54(-1,21; 4,28)	NS
PCR, M5	305	-0,42 (-1,06;0,21)	NS	0,20 (-1,10;1,50)	NS		
Dif. PCR, M6	305	-0,57 (-1,37;0,23)	NS	-1,77(-4,76;1,21)	NS	2,69(-2,95;8,32)	NS
Hematocrito, M1	431	2,01 (0,58;3,49)	0,015	5,67 (2,37;8,96)	0,007	46,44 (44,50;48,38)	<0,001
Hemoglobina, M1	416	1,70 (0,34;3,06)	0,024	1,90 (-0,84;4,64)	NS	15,26 (13,50;17,03)	<0,001

*Modelo 1 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad; Modelo 2 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad y medición anterior; Modelo 3 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad, mal agudo de montaña; Modelo 4 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad, mal agudo de montaña, Pitsburg turno noche, insomnio turno noche; Modelo 5 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad, mal agudo de montaña, Pitsburg turno noche, insomnio turno noche y, medición anterior; Modelo 6 ajustado por edad, nivel de educación, trabajó sobre 3000 m.s.n.m., sobrepeso y obesidad, mal agudo de montaña, Pitsburg turno noche, insomnio turno noche*

*NOTA: En el caso de hemoglobina y hematocrito solo se presentan los modelos correspondientes al año del 2017 ya que no hubo medición en los años anteriores.*

Respecto de la saturación de O<sub>2</sub> se observó que en el estrato bajo la saturación promedio fue 98%, en el medio disminuye 2,87 puntos porcentuales y en el alto 7,63 puntos porcentuales. Esta tendencia se observa aun ajustando por la medición anterior (modelo 2).

En todos los modelos respecto de percepción de esfuerzo físico (escala de Borg) se observa que no hay relación con la altura. Respecto de los niveles de colesterol total el estrato medio presenta el mayor promedio y a su vez la mayor reducción en el tiempo.

El análisis de la glicemia en ayunas muestra que en el estrato medio presenta mayores niveles respecto del estrato bajo, y éstos se mantienen despues de ajustar por la medición anterior. El estrato alto tambien muestra diferencias, pero no estadísticamente significativas.

Para PCRus no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los estratos para el año 2017 (modelo 4), tampoco para el modelo ajustado por la medición 2016 (modelo 5). En cambio, se observa un aumento en el tiempo para la PCR en todos los estratos (coef estrato bajo 2,69(-2,95; 8,32). En el estrato medio la diferencia es -0,57 (-1,37; 0,23) y en el alto es de -1,77(-4,76; 1,21) con respecto de la diferencia del estrato bajo.

Hematocrito y hemoglobina muestran valores mayores, estadísticamente significativos, para los estratos medio y alto en comparación con el bajo.

Para analizar la consecuencia de la altitud donde se toma el examen sobre la pesquisa de portadores de exámenes fuera de rangos, se procede a comparar la pesquisa de Poliglobulia en 316 trabajadores evaluados en OAL (nivel de mar) y a gran altura, considerando un nivel de Hemoglobina =>18,5 grs/dl, Se calcula la prevalencia en los expuestos de los estratos medio y alto=279. En la tabla siguiente se observa que los OAL (a nivel de mar) pesquisaron 4 casos con Hb =>18,5, pertenecientes al estrato alto), mientras que al tomar los exámenes en faena a gran altura de estratos medio y alto, se identifican 63 casos, también todos del estrato alto.

Tabla 37. Pesquisa de Poliglobulia, Hemoglobina =>18,5 grs, según lugar donde se toma el examen. Comparación entre OAL y tomados en Faenas, por estratos

Trabajadores	Total	Estrato Bajo		Estrato Medio		Estrato Alto	
	n	n		n		N	
	316	37		82		197	
		OAL	Faena	OAL	Faena	OAL	Faena
Hemoglobina =>18,5 gr/dl	63	0	0	0	0	4	63
Tasa prevalencia Poliglobulia en 279 expuestos a gran altura, estratos medio+alto, %	Examen en OAL			1,4 % (4/279)			
	Tomado en aena			22,6 % (63/279)			

La tasa de prevalencia de poliglobulia que los OAL pesquisan en los expuestos a gran altura (estratos medio y alto) es de 1,4%, mientras que la prevalencia sube a 22,6% cuando se toma el examen en las mismas faenas a gran altitud; entendiendo que esta diferencia es mayormente consecuencia de la hemoconcentración fisiológica, por exposición a hipoxia hipobárica. Al respecto sirve de referencia lo establecido por la International Society on Mountain Medicine, al definir como poliglobulia en habitantes permanentes de gran altura, valores de hemoglobina >19 grs en mujeres y >21 grs en hombres (exámenes tomados en altura). Estos mismos rangos lo ha oficializado el Ministerio de Salud del Perú en la Guía Clínica: Manejo de Mal de Montaña Crónico o Enfermedad de Monge en Primer Nivel de Atención.<sup>27, 28</sup>

En relación con la evaluación neurocognitiva en los modelos ajustados se observan diferencias significativas entre el estrato medio y el estrato bajo en las funciones de atención (RTI median simple choice movement time, p= 0,01; mean simple movement

<sup>27</sup> León-Velarde F, Maggiorini M, Reeves J, Aldashev A, Asmus I, Bernardi L, Ri-Li G, et al. Consensus statement on chronic and subacute High altitude diseases. High Alt. Med. Biol. 2005 (6) 2:147-157,

<sup>28</sup> Ministerio de Salud, Perú Guía Clínica : Manejo del Mal de Montaña Crónico ó Enfermedad de Monge en Primer Nivel de Atención . [ftp://ftp2.minsa.gob.pe/download/esn/dnt/Enf\\_Altura/Guia\\_MMC.pdf](ftp://ftp2.minsa.gob.pe/download/esn/dnt/Enf_Altura/Guia_MMC.pdf) consultado 09 Julio 2018.

time,  $p=0,01$ ), presentando el estrato medio un mejor rendimiento. En prueba de memoria de trabajo, se observan diferencias entre el estrato alto y estrato bajo (SWM; total errors 8 boxes,  $p=0,04$ ), presentando el estrato alto un mejor rendimiento. No se observan diferencias significativas en la función motora (MOT). Los resultados se detallan en la Tabla 38.

Tabla 38. Modelos multivariantes de regresión lineal para pruebas neurocognitivas.

Prueba	n	Estrato medio (referencia 1)		Estrato alto (referencia 1)	
		Coefficiente	p	Coefficiente	p
MOT Mean latency	361	-26,81 (-139,74; 86,10)	0,56	-13,97(-101,694 129,89)	0,76
MOT Mean error	361	1,71 (-0,74; 4,1)	0,13	-0,22 (-2,82; 2,38)	0,83
SWM Total errors 8 boxes	278	-1,17 (-2,81; 0,46)	0,12	-4,26(-8,48; -0,04)	0,04
SWM Between errors 8 boxes	278	-1,18(-2,83; 0,45)	0,12	-4,15 (-8,31; 0,00)	0,05
RTI_Median simple_choice_movement_time	361	-20,25 (-33,92; -1,57)	0,01	4,97 (-10,29; 20,24)	0,44
RTI_Mean_simple_movement_time	361	-17,57 (-29,39; -5,75)	0,01	3,8 (-10,05; 17,71)	0,51

Valor (-): puntuación más baja es mejor rendimiento de la prueba, mientras que valor (+): puntuación más alta es un mejor rendimiento de la prueba. \*Modelo ajustado por edad, nivel de educación, sobre 3000 m, estado de años anteriores. Referencia estrato bajo.

#### Análisis en funciones ejecutivas:

En los modelos ajustados se observan diferencias significativas entre el estrato medio y el estrato bajo en las funciones ejecutivas que incluyen planificación estratégica (SOC 2 moves;  $p=0,04$ ) y control inhibitorio (SST SSD 50:  $p=0,03$ ; SST proporción de paros exitosos:  $p=0,001$ ). Los resultados se detallan en la Tabla 39.

Tabla 39. Modelos de regresión lineal en funciones ejecutivas.

Prueba	n	Estrato medio (referencia 1)		Estrato alto (referencia 1)	
		Coefficiente	p	Coefficiente	p
SST SSD 50 2017	461	-43,77 (-80,39; -5,71)	0,03	96,43 (38,25; 154,61)	0,001
SST Proporción de paros exitosos 2017	463	-0,04 (-0,06; -0,01)	0,00	0,00 (0,01; 0,08)	0,06
SOC (2 moves) 2016					
Problemas resueltos en mínimos movimientos	362	0,06 (0,00; 0,11)	0,04	0,01 (-0,05; 0,08)	0,56
SOC (5 moves) 2016					
Problemas resueltos en mínimos movimientos	362	-0,18 (-0,64; 0,26)	0,33	0,28 (-0,33; 0,89)	0,29

Valor (-): puntuación más baja es mejor rendimiento de la prueba, mientras que valor (+): puntuación más alta es un mejor rendimiento de la prueba. \*Modelo ajustado por edad, nivel de educación, sobre 3000 m. Referencia estrato bajo.

En relación con la administración del instrumento CANTAB en los modelos ajustados se observan diferencias significativas entre el estrato medio y el estrato bajo en las funciones ejecutivas que incluyen planificación estratégica (SOC 2 moves;  $p=0,04$ ) y control inhibitorio (SST SSD 50,  $p=0,03$ ; SST proporción de paros exitosos,  $p=0,001$ )

En años previos del estudio, en el 2016 se observaron diferencias significativas entre los estratos alto y bajo en la función motora en medidas que incluyen precisión (MOT mean error,  $p=0,00$ ), atención (RTI mean simple movement time,  $p=0,01$ ) y memoria de trabajo (SWM: total errors 8 boxes,  $p=0,00$ ; between errors 8 boxes,  $p=0,03$ ) en modelos de regresión lineal (ajustado por edad, escolaridad, exposición a altura y estado del funcionamiento cognitivo del año 2015). Estos hallazgos son consistentes con lo observado en estudios previos que informan cambios en la respuesta neuropsicológica en exposición a altura (Mc Farland, 1937)<sup>29</sup> y en mineros chilenos (Jiménez, 1995)<sup>30</sup>. No obstante, en el análisis longitudinal que incluye el rendimiento cognitivo observado en el 2017, esas diferencias observadas en los entre los estratos en las funciones de atención, función motora y memoria de trabajo, se revierte lo cual sugiere cierta plasticidad en la respuesta cognitiva. La literatura ha reportado que en condiciones de hipoxia hipobárica controlada con una hipoxia excesiva de 5.000 m, la función neuropsicológica evaluada a través de tiempos de reacción y coordinación óculo motriz mejora después del aumento del 6% del oxígeno en la habitación, en voluntarios no aclimatados (Gerard et al., 2000).<sup>31</sup> En la misma línea recientemente un estudio reportó que la respuesta disminuida en el funcionamiento cognitivo se revirtió aumentando el oxígeno ambiental, apoyando la idea de plasticidad de la respuesta cognitiva (Moraga et al 2018).<sup>32</sup>

Sin embargo, el análisis más detallado de nuestros resultados obtenidos a la fecha pone de manifiesto un compromiso de las funciones ejecutivas, las cuales se han observado afectadas durante todo el proceso de seguimiento de los trabajadores en altura. En el año 2015-2016 se observaron diferencias entre los estratos alto y bajo en pruebas de memoria de trabajo, mientras que en el año 2016 se observaron diferencias entre los estratos medio y bajo en pruebas de planificación estratégica y en el año 2017 en control inhibitorio.

El término funciones ejecutivas constituye un concepto “paraguas” que incluye un vasto espectro de funciones y procesos cognitivos (Elliott, 2003; Huizinga, Dolan, & van der

---

<sup>29</sup> McFarland, R. A. (1937). Psycho-physiological studies at high attitudes in the Andes. IV. Sensory and circulatory responses of the Andean residents at 17,500 feet. *Journal of Comparative Psychology*, 24(1), 189–220. <https://doi.org/10.1037/h0055378>

<sup>30</sup> Jiménez D. (1995). High altitude intermittent chronic exposure: Andean miners, in Hypoxia and the Brain, eds Sutton J. R., Houston C. S., Coates G., editors. (Burlington: Queen City Printers), 284–291.

<sup>31</sup> Gerard, A. B., McElroy, M. K., Taylor, M. J., Grant, I., Powell, F. L., Holverda, S., ... West, J. B. (2000). Six percent oxygen enrichment of room air at simulated 5,000 m altitude improves neuropsychological function. *High Altitude Medicine & Biology*, 1(1), 51–61. <https://doi.org/10.1089/152702900320685>

<sup>32</sup> Moraga, F. A., López, I., Morales, A., Soza, D., & Noack, J. (2018). The Effect of Oxygen Enrichment on Cardiorespiratory and Neuropsychological Responses in Workers With Chronic Intermittent Exposure to High Altitude (ALMA, 5,050 m). *Frontiers in Physiology*, 9, 187. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00187>

Molen, 2006).<sup>33,34</sup> En este sentido la evaluación del proceso ejecutivo supone varias medidas que permitan evaluar los diversos componentes descritos, siendo una característica central de su exploración que la prueba sea algo novedoso para el evaluado. Por esta razón es que nuestra evaluación ha considerado en cada año incluir un nuevo aspecto de funcionamiento ejecutivo con el fin de investigar una arista más del proceso ejecutivo y a la vez contar con una tarea novedosa.

En relación con las condiciones de empleo se realizó el análisis por sistema de turnos comparando 4\*4 con 7\*7.

Tabla 40: Eventos en salud relacionados al sistema de turnos, 2017

	Turno 4*4	Turno 7*7	Valor p
<b>N</b>	<b>66</b>	<b>395</b>	
MAM día 1 (%)	13,6	14,8	NS
Sueño alterado día (%)	35,3	32,6	NS
<b>N</b>	<b>68</b>	<b>408</b>	
Sueño alterado noche (%)	30,1	31,4	NS
Sueño disminuido día (%)	72,1	22,5	0,0001
Sueño disminuido noche (%)	70,1	35,3	0,0001
Insomnio turno día (%)	17,6	8,5	0,019
Insomnio turno noche (%)	16,9	8,3	0,02
<b>N</b>	<b>59</b>	<b>391</b>	
HTA (%)	11,9	13,8	NS
Obesidad (%)	32,2	29,5	NS
Salud autoreportada (media, DS)	6,1 (0,6)	6,1 (0,6)	NS
Escala Borg (media, DS)	5,0 (2,1)	4,7 (1,9)	NS
Colesterol total (media, DS)	192	203	0,05
Glucosa (media, DS)	93,2	87,9	0,0001
PCRus (media, DS)	1,5 (1,6)	2,3 (4,2)	NS
Hematocrito (media, DS)	49,6 (2,5)	49,5 (4,8)	NS
Interleucina-6 (media, DS)	20,4 (16)	25,8 (16)	NS

Los trabajadores del turno 4x4, durante los 4 días laborales tienen una exposición a la hipobaría sobre 3900 metros por 12 horas, luego duermen en dormitorios a 800 metros, y durante sus días de descanso permanecen a baja altitud, de tal modo que en todo su ciclo de 8 días solo permanecen un 25% del tiempo en hipoxia hipobárica. Los trabajadores 7x7, en los 7 días de trabajo laboran y duermen a la misma altitud. La proporción de turnos de noche es similar en los turnos 4x4 y 7x7.

<sup>33</sup> Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49–59.

<sup>34</sup> Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017–2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>

La incidencia de MAM en el día 1 es cercano al promedio del estrato alto (18,1%, Tabla 24), al cual pertenece.

La calidad de sueño medida por cuestionario de Pittsburgh no muestra diferencias, mientras que es notoria una alta incidencia de hrs reducidas de sueño, lo que concuerda con el hecho de que el grupo del 4x4 requiere varias horas de viaje entre faena y su lugar de dormitorios tanto de ida como de vuelta, aunque el dormitorio se encuentra baja altitud.

Los rasgos clínicos de hipertension arterial >140/90, Obesidad (%), Salud autoreportada, Escala Borg de esfuerzo, así como PCRus, Hematocrito e Interleucina-6 se presentan sin diferencias al comparar el turno 4x4 con el 7x7.

Los mayores niveles de glicemia, medidas en faena, en el turno 4x4 respecto a lo medido en turnos 7x7 tienen coherencia con una mayor prevalencia de casos con glicemia elevada, cuyo origen habría que indagar, teniendo en cuenta que los trabajadores 4x4 tienen una comida en faena y dos en sus casas, mientras que los 7x7 tienen las tres comidas en faena.

Tabla 41. Exámenes en valores fuera de rango según sistema de turno

	Turno 4*4	Turno 7*7	Valor p
<b>N</b>	<b>58</b>	<b>391</b>	
Colesterol total %	44,8	51,7	NS
Colesterol HDL %	62,0	42,2	0,005
Colesterol LDL %	21,4	30,5	NS
Trigliceridos %	55,1	56,0	NS
Glucosa %	13,8	6,1	0,034
PCRus riesgo alto %	8,6	18,2	NS

El HDL está mas elevado en el 4x4 que en el 7x7; siendo este un signo protector del riesgo coronario habría que revisar qué factores podrían estar facilitando su expresión.



#### IV. DISCUSION Y CONCLUSIONES

Se comprueba la gradiente de indicadores tales como Mal Agudo de Montaña en el día 1, horas de sueño reducida en turnos de día, aumento de hemoglobina y prevalencia de varicocele en relación con la exposición a altitud.

Se observa una mayor frecuencia de MAM en el estrato medio (OR 3,67 (1,11;12,11)) y en el estrato alto (OR 9,01 (2,23; 36,31)). Esta tendencia se mantiene después de ajustar por la medición del año anterior. Al comparar la prevalencia de periodo de MAM se observa que la frecuencia es 5 veces mayor en el estrato alto comparado con el bajo.

Respecto de la saturación de O<sub>2</sub> se observó que en el estrato bajo la saturación promedio fue 98%, en el medio disminuye 2,87 puntos porcentuales y en el alto 7,63 puntos porcentuales. Esta tendencia se observa aun ajustando por la medición anterior.

Se encontró una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad que no discrimina por altitud.

La PCR us y la interleucina-6 muestran niveles alterados que sugieren un proceso de inflamación atribuible a un factor laboral necesario de estudio mas acabado.

No se encontró mayor prevalencia de HTA en los estratos altos; además el análisis longitudinal muestra una adaptación de la presión arterial en el tiempo. Sin embargo, la prevalencia medida es mayor que la que reportan los trabajadores, con mayor discordancia en el estrato alto.

Se observa que la distribución de lípidos, colesterol total, colesterol LDL y triglicéridos no guardan relación con la altitud, mientras que colesterol HDL mostró valores mayores en el estrato bajo. Los niveles glicemia guardan relación con los niveles de exposición a altitud, no alcanzando diferencia estadísticamente significativa en el estrato alto.

El perfil de compromiso cognitivo observado sugiere la implicación de las funciones ejecutivas. No obstante, lo anterior se requiere más estudio y análisis para mejorar nuestra comprensión del funcionamiento cognitivo implicados en mineros expuestos a condiciones de altura.

Datos preliminares de accidentes según estrato sugieren mayor accidentabilidad a mayor altitud.

Los resultados de exámenes en altitud, en el lugar de trabajo, difieren a los realizados por los organismos administradores a nivel del mar, por probable efecto de hemoconcentración y factor ocupacional.

## V. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS

- Difundir los resultados del estudio a través de un seminario para los trabajadores y empleados propios y empresas contratistas, así como a organizaciones de empleadores y trabajadores involucradas.
- Definir un procedimiento para continuar el seguimiento de la cohorte mas allá de este estudio, que incluya los exámenes y evaluaciones que demuestren mayor importancia.
- Proponer que los exámenes de control definidos en la normativa MINSAL de la respuesta a la hipobaría de los trabajadores sean realizados en el lugar de trabajo y en condiciones estandarizadas, siempre que se definan rangos de normalidad tomando en cuenta el efecto de hemoconcentración.
- Realizar un estudio de mortalidad de trabajadores de la minería, expuesta y no expuesta a hipobaría, acogidos a la ley de trabajo pesado.
- Promover la elaboración de tesis de post-grado y publicaciones científicas utilizando los resultados del estudio.
- Para mejorar el conocimiento del riesgo de accidentabilidad según altitud, se sugiere solicitar a Sernageomin informar la siniestralidad de la minería sobre 3000 metros y categorizarla según la altitud del campamento, bajo o sobre 3000 metros.
- Evaluar medidas para mitigar la presencia de Mal Agudo de Montaña en el día 1, como preaclimatación, uso de acetazolamida, entre otras.
- Avanzar en la pesquisa de alteraciones del sueño utilizando metodologías que permita medir parámetros objetivos de saturación de oxígeno, eventos de desaturación, presencia de apneas e hipopneas, fragmentación de sueño, frecuencia cardíaca.
- Evaluar la mortalidad en población minera mediante un estudio retrospectivo que emplee bases de datos secundarias.
- Evaluar una estrategia de suplemento con antioxidantes y oxigenación en aquellos trabajadores que trabajan en altura.
- Continuar el estudio del efecto en salud del sistema de turnos y localización del campamento en las condiciones de salud de los trabajadores.
- Se puede considerar que se han medido indicadores que muestran escasa o nula relación de la respuesta a la hipobaría en aclimatados, tales como temperatura, pterigion, mallampatti, creatinina, encuesta de Pittsburgh. Estos podrían ser eliminados en estudios posteriores.
- Los métodos de evaluación de calidad de sueño utilizado mediante autoreporte, tienen limitaciones para medir el impacto de la exposición a la altitud, observando que el indicador de horas de sueño aporta más que una encuesta multisintomática.
- Las alteraciones cognitivas observadas, sugieren la necesidad de profundizar más en las metodologías de estudio.

## **V.1. PROPUESTAS DE MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS QUE PUEDEN SER IMPLEMENTADAS**

Estudiar la factibilidad de el suministro de oxígeno en todos los trabajadores de las faenas en altura.

Evaluar la dieta de los trabajadores dado la alta prevalencia de sobrepeso y obesidad encontrada.

## **V.2 PLAN DE TRABAJO**

Algunos exámenes tuvieron mayor complejidad para lograr su realización como las Rx de tórax para empresas del estrato bajo, por lo que se sugiere estudiar su real importancia relativa para los efectos del estudio.

Se sugiere no evaluar nuevamente el electrocardiograma ya que no mostró grandes diferencias entre los estratos.

Se sugiere disminuir el tiempo de evaluación de los trabajadores; se puede reducir el número de cuestionarios aplicados en aquellos que no mostraron diferencias. Se mantendrá el cuestionario que evalúa riesgos ocupacionales y se evaluará el empleo de un nuevo test para calidad de sueño más específico.

Se propone evaluar estrés oxidativo dado los resultados encontrados para interleucina-6.

Se propone evaluar el efecto de la altura en la salud prostática de los trabajadores debido a la alta prevalencia de varicocele encontrada.

Se confirmó la ventaja de la época del año en que se realizó el trabajo de campo que permitió cumplir las metas.

## **V.3 TALLER DE CAPACITACIÓN**

Se realizará un taller de capacitación y difusión con fecha tentativa de octubre convocando a representantes de las empresas involucradas, de los trabajadores, autoridades de gobierno y comunidad académica (fecha a acordar con SUSESO).

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Proyecto FONDEF D-9711068. Tolerancia y aclimatación de trabajador minero y otros a la exposición intermitente a la altura. Universidad Arturo Prat, Université Paris-XIII, Mutual de Seguridad, Compañía Minera Collahuasi. Jefe Proyecto, Dr Julio Brito R.
2. Antezana AM. and the Fondef Project. Cardiovascular changes in chronic intermittent hypoxia. In: Health & Height. Viscor G, Ricart A, Leal C, edits. Proceedings of the 5th World Congress on Mountain Medicine and High Altitude Physiology. Publications Universitat de Barcelona. Barcelona. 2003. pag 151-155.
3. Noble, James M et al. "Association of C-Reactive Protein to Cognitive Impairment." Archives of neurology 67.1 (2010): 87–92. PMC. Web. 18 July 2018.
4. Consejo Minero de Chile. Fuerza Laboral de la Gran Minería Chilena 2017-2026. Diagnóstico y Recomendaciones. Consejo de Competencias Mineras. Innovum, Fundación Chile. Santiago 2012. Pag 34-44. Disponible en: [http://www.ccm.cl/wp-content/uploads/2017/11/ReporteCCM\\_13-11\\_FINAL.pdf](http://www.ccm.cl/wp-content/uploads/2017/11/ReporteCCM_13-11_FINAL.pdf) consultado el: 27 de marzo de 2018.
5. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. Med Sc Sports Exe. 1982; 14:377-381
6. Borg E, Kaijser L. A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2006; 16(1):57–69. OI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00448
7. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. Champaign, IL, USA, 1998.
8. INHST. Ministerio de Empleo y Seguridad Social España. UNE-EN 1005-5 <http://www.insht.es/portal/site/Ergonomia2/>
9. Ministerio de Salud, Chile. Guía Técnica Sobre Exposición Ocupacional a Hipobaría Intermitente Crónica por Gran Altitud. Disponible en: [http://web.minsal.cl/sites/default/files/guia\\_hipobaria\\_altitud.pdf](http://web.minsal.cl/sites/default/files/guia_hipobaria_altitud.pdf), consultado el 27 de marzo de 2108.
10. Botella de M., Compte L. Saturación arterial de oxígeno a gran altitud. Estudio en montañeros no aclimatados y en habitantes de alta montaña. Med Clin (Barc). 2005;124(5):172-6. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0210-5691200800060000](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0210-5691200800060000)
11. Richalet JP, Vargas M, Cortés G, León A, Hudson C, Jiménez D. Hematological Response in Chilean Workers in Intermittent Hypoxia. *High Alt Med & Biol* 3(1):136, 2002-
12. Mejia C, Quiñones D, Gomero R, Pérez-Pérez L. Hemoglobin changes (Hb) in miners exposed to high altitude and associated factors. *Gac Med Mex*. 2017; 153:153-8
13. Beall C, Brittenham G, Strohl K, Blangero J, et al. Hemoglobin Concentration of High-Altitude Tibetans and Bolivian Aymara. *American Journal of Physical Anthropology* 106:385–400, 1998
14. Nadeem R; Molnar J; Madbouly EM; Nida M; Aggarwal S; Sajid H; Naseem J; Loomba R. Serum inflammatory markers in obstructive sleep apnea: a meta-analysis. *J Clin Sleep Med* 2013;9(10):1003-1012.
15. Emeny R, Lacruz ME, Baumert J, Zierer A, Eisenhart A, Autenrieth C, Herder C, Koenig W, Thorand B, Ladwig KH. Job strain associated CRP is mediated by leisure time physical activity: results from the MONICA/KORA study. *Brain Behav Immun*. 2012 Oct;26(7):1077-84. doi: 10.1016/j.bbi.2012.07.004.

16. Aronson D, Bartha P, Zinder O, Kerner A, Markiewicz W, Avizohar O, Brook G, Levy Y. Obesity is the major determinant of elevated C-reactive protein in subjects with the metabolic syndrome. *Int J Obes Relat Metab Disord*. 2004 May;28(5):674-9. *J Am Heart Assoc*. 2016 Oct 26;5(11). pii: e004554.
17. Kim SW, Jang EC, Kwon SC, Han W, Kang MS, Nam YH, Lee YJ. Night shift work and inflammatory markers in male workers aged 20-39 in a display manufacturing company. *Ann Occup Environ Med*. 2016 Sep 20; 28:48. doi: 10.1186/s40557-016-0135-y.
18. Lemos V, Thomatieli R, Santos F, Rodrigues B, Tufik S, Mello M. Can High Altitude Influence Cytokines and Sleep? *Mediators of Inflammation* 2013; Article ID 279365. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/279365>
19. Ellingsen DG, Ulvestad B, Bakke B, Seljeflot I, Barregard L, Thomassen Y. Serum pneumoproteins in tunnel construction workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2015 Oct;88(7):943-51. doi: 10.1007/s00420-015-1023-4.
20. Jung R, Dill D, Horton R, Horvath M. Effects of age on plasma aldosterone levels and hemoconcentration at altitude. *J Appl Physiology* 1971 (31), 4:593-597
21. Schmidt W. Effects of intermittent exposure to high altitude on blood volume and erythropoietic activity. *High Alt Med Biol* 2002. 3:167-176
22. Moraga, Fernando A., Osorio J, Calderón J, Pedreros A. Hemoconcentration during maximum exercise in miners with chronic intermittent exposure to hypobaric hypoxia (3800 m). *High Alt Med Biol*. 2018 (1):15-20. doi: 10.1089/ham.2017.0011.
23. Richalet JP, Vargas M, Cortés G, León A, Hudson C, Jiménez D. Hematological Response in Chilean Workers in Intermittent Hypoxia. *High Alt Med Biol* 3(1):136, 2002.
24. Luks AM, McIntosh SE, Grissom CK, Auerbach PS, Rodway GW, Schoene RB, Zafren K, Hackett PH. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Acute Altitude Illness:2014 Update. *Wilderness Environ Med*. 2014 Dec;25(4 Suppl):S4-14. doi: 10.1016/j.wem.2014.06.017
25. Institute of Medicine (US) Committee on Sleep Medicine and Research, Colten HR, Altevogt BM, editors. Sleep disorders and sleep deprivation: an unmet public health problem. Extent and health consequences of chronic sleep loss and sleep disorders, vol. 3. Washington, DC: National Academies Press (US); 2006. : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK19961/>
26. Muñoz A, Perez L. Características y Hábitos de Sueño en Operadores de Maquinaria Pesada que Trabajan por Turnos Diurnos y Nocturnos en Mina a Gran Altitud Geográfica. *Archivos de Medicina*. 2017 (13) 2: 1-9. doi: 10.3823/1341
27. León-Velarde F, Maggiorini M, Reeves J, Aldashev A, Asmus I, Bernardi L, Ri-Li G, et al. Consensus statement on chronic and subacute High altitude diseases. *High Alt. Med. Biol*. 2005 (6) 2:147-157,
28. Ministerio de Salud, Perú Guía Clínica : Manejo del Mal de Montaña Crónico ó Enfermedad de Monge en Primer Nivel de Atención . [.ftp://ftp2.minsa.gob.pe/download/esn/dnt/Enf\\_Altura/Guia MMC.pdf](ftp://ftp2.minsa.gob.pe/download/esn/dnt/Enf_Altura/Guia MMC.pdf) consultado 09 Julio 2018.
29. McFarland, R. A. (1937). Psycho-physiological studies at high attitudes in the Andes. IV. Sensory and circulatory responses of the Andean residents at 17,500 feet. *Journal of Comparative Psychology*, 24(1), 189-220. <https://doi.org/10.1037/h0055378>
30. Jiménez D. (1995). High altitude intermittent chronic exposure: Andean miners, in Hypoxia and the Brain, eds Sutton J. R., Houston C. S., Coates G., editors. (Burlington: Queen City Printers), 284-291.

31. Gerard, A. B., McElroy, M. K., Taylor, M. J., Grant, I., Powell, F. L., Holverda, S., ... West, J. B. (2000). Six percent oxygen enrichment of room air at simulated 5,000 m altitude improves neuropsychological function. *High Altitude Medicine & Biology*, 1(1), 51–61. <https://doi.org/10.1089/152702900320685>
32. Moraga, F. A., López, I., Morales, A., Soza, D., & Noack, J. (2018). The Effect of Oxygen Enrichment on Cardiorespiratory and Neuropsychological Responses in Workers With Chronic Intermittent Exposure to High Altitude (ALMA, 5,050 m). *Frontiers in Physiology*, 9, 187. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00187>
33. Elliott, R. (2003). Executive functions and their disorders. *British Medical Bulletin*, 65, 49–59.
34. Huizinga, M., Dolan, C. V., & van der Molen, M. W. (2006). Age-related change in executive function: Developmental trends and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44(11), 2017–2036. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2006.01.010>

## VII. ANEXOS

- Anexo 1: Carta de agradecimiento y comunicación del inicio del tercer año de seguimiento.
- Anexo 2: Requerimientos Logísticos Empresa
- Anexo 3: Protocolo seguimiento telefónico trabajador desvinculado.
- Anexo 4: Carta de invitación y agradecimiento trabajador.
- Anexo 5: Cuestionarios de salud.
- Anexo 6: Protocolos y Manual de trabajo de campo
- Anexo 7: Registro de gastos.
- Anexo 8: Información de contacto para seguimiento.
- Anexo 9: Citación toma muestra de sangre.
- Anexo 10: Pauta entrevista telefónica a trabajadores con licencia médica, vacaciones o permiso
- Anexo 11: Pauta entrevista telefónica a trabajadores desvinculados.
- Anexo 12: Pauta de detalle de trabajo de Campo
- Anexo 13: Manual del encuestador de trabajo de campo.
- Anexo 14: Información de cuestionarios a aplicar.
- Anexo 15: Manual de evaluador clínico de trabajo de campo.
- Anexo 16: Escala de Borg modificada percepción de esfuerzo físico
- Anexo 17: Escala para estimar el número de tragos.
- Anexo 18: Claves de usos de equipos
- Anexo 19: Pauta bitácora diaria.
- Anexo 20: Itinerarios de actividades realizadas.
- Anexo 21: Ficha de rendimiento diario
- Anexo 22: Registro uso de centrífuga.
- Anexo 23: Inventario.
- Anexo 24: Insumos de laboratorio.
- Anexo 25: Registro de signos vitales.
- Anexo 26: Registro toma de muestras
- Anexo 27: Itinerarios de Actividades
- Anexo 28: Manual toma de muestras para exámenes de laboratorio.
- Anexo 29: Afiche de difusión.
- Anexo 30: Presentación de Antofagasta
- Anexo 31: Protocolo trabajo de campo detección de poliglobulia
- Anexo 32: Formulario aceptación radiografía de tórax
- Anexo 33: Declaración rechazo voluntario varicocele.
- Anexo 34: Documentos firmados "Aceptación evaluación de radiografía".
- Anexo 35: Documentos firmados rechazo de Varicocele.

- Anexo 36: Trípticos de Consejería de salud.
- Anexo 37: Anexo N° 10
- Anexo 38: Consentimientos Informados.
- Anexo 39: Informes de trabajo de campo: Bitácoras diarias.
- Anexo 40: Base de datos con fecha de evaluación de exámenes por trabajador
- Anexo 41: Artículo científico y envío artículo a revista seleccionada
- Anexo 42: Base de datos formato STATA.
- Anexo 43: Llave de base de datos 2017 Proyecto Altura