



UNIVERSIDAD PERUANA  
**CAYETANO HEREDIA**

**“LA FUNCIÓN MECÁNICA  
RESPIRATORIA CON LA EDAD EN  
TRABAJADORES MINEROS POR  
ENCIMA DE LOS 2500 m.s.n.m”.**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAESTRO EN MEDICINA OCUPACIONAL  
Y DEL MEDIO AMBIENTE

JOSÉ FERNANDO MADARIAGA PÉREZ

LIMA – PERÚ

2021



**Asesor:** Mg. Armando Talaverano Ojeda

**JURADO DE TESIS**

Mg. CARLOS ALBERTO RAMIREZ LA TORRE

**PRESIDENTE**

Mg. GABRIEL ACURIO SALAZAR.

**VOCAL**

Mg. MARIA ALEJANDRA URDAY PAREJA

**SECRETARIA**

## **DEDICATORIA.**

A mi abuela Vicky que descansa en paz, quien siempre creyó en mí.

A mi esposa, Karin por su apoyo y ayuda incondicional.

A mis hijos Sharon, Adrián y Estefano, María Alejandra quienes son mi esperanza, fe y amor.

A mis padres, hermanos, seres queridos en general, gracias por ser parte de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Primero a Dios, por ayudarme a ser quien soy.

A muchas personas que me ayudaron y apoyaron en este camino, gracias a todos ellos (al mencionarlos me quedaría corto) gracias por la confianza, el apoyo desinteresado que tuvieron para con mi persona, repito muchas gracias.

## **FUENTES DE FINANCIAMIENTO.**

Tesis Autofinanciada

## TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

### Contenido

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
III.	MARCO TEÓRICO .....	6
	3.1.- ANTECEDENTES.....	6
	3.2.- MECANICA RESPIRATORIA.....	11
	3.3.- ESPIROMETRIA.....	14
IV.	JUSTIFICACIÓN .....	19
V.	OBJETIVOS.....	21
	5.1.- Principal.....	21
	5.2.- Específicos.....	21
VI.	METODOLOGIA .....	22
	6.1.- TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION.....	22
	6.2.- OPERACIONALIZACION DE VARIABLES .....	23
	6.3.- CRITERIOS DE SELECCIÓN: .....	24
VII.	RESULTADOS .....	25
VIII.	DISCUSIÓN .....	37
IX.	CONCLUSIONES.....	45
X.	RECOMENDACIONES.....	46
XI.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	47
XII.	ANEXOS	

## **RESUMEN:**

El estudio se realizó por encima de los 2500 m.s.n.m., con resultados de exámenes médicos ocupacionales de trabajadores de empresa minera peruana. **OBJETIVO:** Describir la función mecánica respiratoria con la edad en trabajadores mineros por encima de los 2 500 m.s.n.m. La investigación contribuirá al estudio de parámetros espirométricos de referencia, para mineros en grandes altitudes del Perú. **METODOLOGÍA:** Se realizó un estudio observacional, descriptivo y transversal, por muestreo no probabilístico de conveniencia en 300 trabajadores mineros cuyas edades fueron entre 20 a 60 años, con prueba de espirometría forzada para determinar mecánica respiratoria según criterios de la Sociedad Americana de Tórax (ATS). **RESULTADOS:** 97.6% eran varones y 2.33% mujeres, edad promedio 42.79 años varones y 30 años mujeres; 24 % eran normo-peso, 62.33% con sobrepeso, y 13.33% con obesidad; 22.86% de varones eran mayores de 51 años, en mujeres ninguna fue mayor de 40 años. Capacidad Vital Forzada disminuye progresivamente con rangos de edades, lo mismo ocurre con los resultados del VEF1, y VEF1/CVF, FEP y FEF 25-75%. **CONCLUSIÓN:** Los valores espirométricos a la altitud del estudio (4750 m.s.n.m.) son menores que los valores en varones mineros a 4,100 m.s.n.m. y en población no minera, menor de 40 años.

**Palabras claves:** Función respiratoria, capacidad vital, mineros, grandes altitudes

**SUMMARY:**

The study was carried out above 2,500 meters above sea level, with the results of occupational medical examinations of workers from a Peruvian mining company.

**OBJECTIVE:** To describe the respiratory mechanical function with age in mining workers above 2 500 m.s.n.m. The research will contribute to the study of reference spirometric parameters for miners at high altitudes in Peru. **METHODOLOGY:** An observational, descriptive and cross-sectional study was carried out, by non-probabilistic convenience sampling in 300 mining workers whose ages were between 20 and 60 years, with a forced spirometry test to determine respiratory mechanics according to the criteria of the American Thoracic Society (ATS). **RESULTS:** 97.6% were men and 2.33% women, mean age 42.79 years for men and 30 years for women; 24% were normal weight, 62.33% overweight, and 13.33% obese; 22.86% of men were older than 51 years, in women none were older than 40 years. Forced Vital Capacity progressively decreases with age ranges, the same occurs with the results of FEV1, and FEV1 / FVC, FEP and FEF 25-75%. **CONCLUSION:** The spirometric values at the altitude of the study (4750 m.s.n.m.) are lower than the values in male miners at 4,100 m.s.n.m. and in the non-mining population, under 40 years of age.

**Keywords:** Respiratory function, vital capacity, miners, high altitudes

## I. INTRODUCCIÓN

Hace 40 años, la esperanza de vida en el Perú era alrededor de los 47 años, incrementándose en los últimos 20 años mientras que la población mundial está experimentando principalmente en los países del primer mundo, un cambio en su pirámide poblacional con una mayor progresión hacia la tercera edad en los mayores a 80 años. Lo anterior se atribuye a las mejores condiciones de vida y sociales que el mundo globalizado ha ido adquiriendo.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) existe una serie de trabajos que se realizan, existiendo alrededor de 5 552 730 personas que trabajan en la Sierra <sup>(1)</sup> entre las actividades que más destacan la Agricultura, Pesca y Minería con un 46.35% de trabajadores; de estos el 31.5% son del sexo masculino. En el año 2019 se ha generado en la Minería 217 662 puestos de trabajos entre las mismas compañías y las contratistas, siendo las principales regiones mineras Arequipa, Cajamarca, La Libertad, Junín, Ica, Ancash, Pasco, Moquegua, entre las principales. <sup>(1,2)</sup>

El auge económico en los últimos 20 años en nuestro País se ha debido al incremento de la actividad minera la misma que se encuentra muchas veces a alturas que superan los 3000 msnm. Las compañías mineras optaron, debido a los costos de Salud Ocupacional y Seguridad en el Trabajo ocasionados por la presión del cumplimiento con la normativa vigente a dar preferencia en la contratación de recurso humano que habite alrededor de este nivel de altitud.

Es conocido también, que los habitantes de grandes altitudes muestran medidas de volúmenes pulmonares superiores a los habitantes a nivel del mar por lo que dada la importancia, de detectar de manera preventiva, alteraciones funcionales y estructurales que representen patología pulmonar incipiente en mineros que trabajan en superficie o socavón, es importante determinar cuáles son los valores normales de los volúmenes y flujos

pulmonares conforme avanza con la edad a fin de diferenciar un estado de enfermedad de los efectos del envejecimiento.

El sistema respiratorio sufre varios cambios estructurales, cambios fisiológicos e inmunológicos con la edad con una gran variación en diferentes parámetros fisiológicos por lo que es difícil determinar valores límites de normalidad para diferenciar una enfermedad pulmonar incipiente.

Estos cambios naturales deben ser identificados a gran altura para poder explicar la presentación clínica y realizar estudios de diagnóstico oportunos, evitando intervenciones innecesarias o tardías, y a su vez, elaborar líneas de base para estudiar si estos cambios predisponen a los trabajadores mineros al aumento del riesgo para las enfermedades respiratorias.

La espirometría es una prueba útil y sencilla que mide la mecánica respiratoria, sin embargo, no nos proporciona un diagnóstico etiológico preventivo y temprano por lo que, por motivos de costos, ha cobrado real importancia en las últimas décadas sobre todo en el ámbito de la salud ocupacional y en la vigilancia médica ocupacional de enfermedades pulmonares crónicas como el Asma y EPOC.

En un estudio realizado por P. Enright et al<sup>(3)</sup>; en 18000 sujetos, hallaron que un 90% de pacientes adultos ambulatorios se pudo obtener la espirometría FEV1 reproducibles en 120 a 150 ml de acuerdo a los criterios Internacionales.<sup>(15)</sup> Además indica que la presencia o la gravedad de la enfermedad pulmonar, la edad joven o viejo, el sexo o el consumo tabaco no deben utilizarse como excusa para la incapacidad de obtener maniobras de espirometría reproducibles.

Pérez-Padilla et al<sup>(4)</sup> en un este estudio longitudinal concluyeron que la FEV1/FEV6 es una herramienta más sólida para evaluar las diferencias en la prevalencia de obstrucción del flujo de aire de manera temprana a comparación que FEV1/FVC, que ha sido favorecida

hasta la fecha y que utiliza ya sea el  $<0.7$  o criterios LLN; empleando esta relación y utilizando este instrumento, la prevalencia de EPOC parece haber aumentado ligeramente en los últimos 5-9 años en las ciudades analizadas en dicho estudio.

En nuestro país; Valenzuela et al<sup>(5)</sup>, realizaron un estudio en habitantes naturales a una altura de 4105 m.s.n.m, donde concluyeron que en las pruebas espirométricas obtenidas tanto la capacidad vital forzada como el volumen espiratorio forzado en el primer segundo estuvieron significativamente elevados en los hombres y mujeres de altura en comparación con los valores de población a nivel del mar mientras que volúmenes y flujos respiratorios disminuyen a partir de los 20 años tanto en hombres como en mujeres.

Es por eso la importancia de describir la función mecánica respiratoria con la edad en nuestros trabajadores mineros en altura geográfica. Por lo que el resultado de este estudio sería la base para estudios posteriores que podrían realizarse a esta población y así mejorar la detección temprana de enfermedades pulmonares utilizando dichas tablas que se pueden obtener para los trabajadores mineros en altura geográfica.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el 2018, casi el 10% del PBI nacional fue por la minería y el 61% de las exportaciones peruanas, siendo el cobre con más del 50% del PBI minero metálico, según información del Anuario Minero 2018 publicado por el Ministerio de Energía y Minas. <sup>(6)</sup>

La población ocupada entre el 2008-2018 por actividad económica fue cambiada. En el año 2018, los sectores Agricultura, Pesca y Minería (25,9%), Manufactura (9,0%) y Enseñanza (4,9%) teniendo un menor porcentaje registro de ocupación en comparación al año 2008, (Agricultura, Pesca y Minería con 28,7%, Manufactura con 11,0% y Enseñanza con 5,3%). Sin embargo, sectores que incrementaron su actividad son el Comercio, Transportes y Comunicaciones, Hoteles y Restaurantes, Construcción y Otros Servicios. <sup>(6)</sup>

A pesar de la importancia económica del sector en nuestra economía, la salud ocupacional de los trabajadores mineros no cuenta con estadísticas reales de la exposición ocupacional y de enfermedades ocupacionales, especialmente respiratorias, por lo que son imprescindibles el uso de herramientas de vigilancia médica ocupacional como pruebas de tamizaje en los exámenes médicos ocupacionales, siendo la espirometría un valioso test para el estudio clínico-epidemiológico.

La espirometría por ser prueba útil y sencilla que mide la mecánica respiratoria que, por motivos de costos, ha cobrado real importancia en las últimas décadas sobre todo en el ámbito de la Salud Ocupacional y en la vigilancia y seguimiento de enfermedades pulmonares crónicas como el Asma y EPOC.

En algunos estudios con la finalidad de establecer los parámetros de referencia y valores normales se encontró que la función pulmonar tenía variaciones con la edad. En nuestro país sin embargo la exposición ocupacional de laborar en minería, así como de encontrarse los centros de producción en altitudes de la cordillera de los Andes principalmente, motiva

determinar cuáles parámetros tomar como referencia sobre todo en las evaluaciones médico-ocupacionales.

Por lo anterior y dada la importancia, de detectar de manera preventiva, alteraciones funcionales y estructurales que representen patología pulmonar incipiente en mineros que trabajan en superficie o socavón, es importante determinar cuáles son los valores normales de los volúmenes pulmonares conforme avanza la edad a fin de diferenciar un estado de enfermedad, del envejecimiento "normal". Por ello es de vital importancia construir dichas tablas y/o patrones para esta población en el entorno clínico. Es por eso la importancia de describir la función mecánica respiratoria con la edad en nuestros trabajadores mineros en altura geográfica.

### **2.1.- Formulación del Problema**

¿Cuáles son las características de la función mecánica respiratoria con la edad en trabajadores mineros por encima de los 2 500 msnm?

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1.- ANTECEDENTES.**

Diez. A,<sup>(7)</sup> en España; realizó una revisión de los valores de referencia recomendando aquellos obtenidos en el propio laboratorio de función pulmonar en lo posible, o con ecuaciones de predicción de acuerdo al área geográfica pero menciona que, con frecuencia esto no es posible, y se utilizan valores que corresponden a poblaciones que posiblemente no son iguales respecto a la población de estudio, como ocurre con las ecuaciones de la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) comparadas con las de la European Respiratory Society (ERS) de modo que se presentan valores de referencia menores y con una dispersión. Este autor propone que los criterios de selección de ecuaciones de predicción serían metodológicos, epidemiológicos, conceptuales, así como no recomienda no utilizar ecuaciones de más allá de 10-15 años antes, a fin de obtener el máximo coeficiente de correlación y mínimo error.

Siendo importante para el desarrollo de ecuaciones espirométrica tener en cuenta las características sociodemográficas de una determinada zona geográfica ya que estas varían, no siendo lo misma población; por ejemplo, la europea con la población en este caso latinoamericana (peruana) para poder tener valores más precisos y poder aplicarlos en una población de estudio.

Pérez-Padilla et al <sup>(8)</sup>, en México; analizó que las espirometrías son reproducibles en este grupo de trabajadores mexicanos que tenían incapacidad y que demandaban, a una altura de 2240 msnm, así se revisó si los valores de referencia internacionales eran apropiados cuando se aplicaban en la población estudiada. Se estudiaron 5 771 espirometrías, 685

fueron mujeres. Generándose ecuaciones de regresión múltiple en ambos sexos con base en edad y talla, y se comparó con las notificadas para población estadounidense por Knudson y Hankinson, en europeos, por Quanjer, y en los mexicanos, por Rodríguez Reynaga. El 80% de los exámenes realizados cumplían con los criterios de reproducibilidad propuestos por la ATS, tanto en la capacidad vital forzada (FVC) y en el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), un 10% no cumplieron con la reproducibilidad en ninguna de las mediciones (FVC y FEV1). Los hombres en el estudio tuvieron en promedio la FVC de 12% estando encima del estándar de Quanjer, 22% por arriba del de Knudson, 3% encima del de Hankinson y 6% por encima de Rodríguez Reynaga.

Las espirometrías de un alto porcentaje de trabajadores que demandan incapacidad, son reproducibles. Tienen, para la misma talla, edad y género, un FEV1 y una FVC mayores que los notificados por Knudson en Estados Unidos de América y por Quanjer en Europa, aunque similares a los encontrados por Hankinson en mexicoamericanos.

Vasquez-Garcia, J.C et al <sup>(9)</sup>, en México; elaboraron un manual para el uso y la interpretación de la Espirometría para el médico anexando tablas con valores de referencia para niños y adolescentes mexicanos entre 8 y 20 años, entre 110-190 cm en varones y entre 110-180 cm en mujeres, así como tomando los valores de referencia NHANES para varones mexicanoamericanos, según Hankinson et al, a la altitud del nivel del mar. Comentó asimismo que es mucho mejor el uso de la ecuación completa que incluye edad, talla y sexo, pero es muy complejo colocar datos en tablas y que la predicción basada en talla y sexo bastaba para el uso cotidiano.

Lastra, J.R et al <sup>(24)</sup>, en Venezuela; a la altura de 653 m realizaron espirometrías, para confeccionar tablas de valores espirométricos de referencia en una población entre 18 a 80

años posiblemente sana del Estado Carabobo. El estudio fue de tipo descriptivo, correlacional observacional y de corte transversal, con una muestra que tuvo 396 personas y cuyo resultado de la función pulmonar fue en relación con la talla y la edad. Al realizar las comparaciones obteniendo los resultados de la investigación en las tablas realizadas de autores: Morris, Hankinson, Crapo, Knudson y Cherniack se Observó que los valores de referencia obtenidos en el presente estudio en cuanto al sexo femenino eran mayores que los registrados por los autores.

Los autores finalmente recomiendan el uso de estas tablas en el estado Carabobo y la realización de este estudio en otras regiones del país a fin de poder elaborar un grupo más amplio de datos.

Lefrancois R et al<sup>(10)</sup>, en Bolivia; en su estudio concluyeron que las propiedades mecánicas toracopulmonares son idénticas al nivel del mar y a grandes alturas, cualquiera sea el lugar de nacimiento del sujeto<sup>(10)</sup>. La única modificación observada en los dos grupos de sujetos es un aumento de la ventilación máxima voluntaria; la potencia desarrollada en el curso de esta prueba es la misma que a nivel del mar, este mejoramiento de los resultados está únicamente ligada a cambios en las propiedades físicas del aire. En estas condiciones las diferencias de comportamiento ventilatorio observadas en los nativos de altura no son el resultado de una interacción de la función de transferencia del efector ventilatorio sino más bien de un ajuste diferente del control respiratorio.

Los autores concluyen que las propiedades mecánicas toracopulmonares son idénticas al nivel del mar y a grandes alturas, cualquiera que sea el lugar de nacimiento de los sujetos. La única modificación observada en los dos grupos de sujetos es un aumento de la ventilación máxima voluntaria y que esta diferencia no son el resultado de una alteración

de la función de transferencia del efector ventilatorio sino más bien de un ajuste diferente del control respiratorio.

Rojas. MX, et al <sup>(11)</sup>; en Bogotá - Colombia, concluyeron que, en el estudio utilizando el modelo de predicción (CRAPO) los resultados obtenidos al parecer no son los más adecuados para poder valorar la función pulmonar en una población adulta. <sup>(23)</sup> pero con los modelos propuestos por Hankinson serían “los más aceptables para su uso en la interpretación de las pruebas de función pulmonar en una población adulta”, porque al usarlos en la espirometría de manera convencional, se tendrá un menor porcentaje de individuos mal clasificados, sobre todo en los volúmenes de FVC, FEV1 y FEV1/FVC.

En otro estudio Rodríguez. C <sup>(12)</sup>, en Bogotá -Colombia.; concluyeron en el estudio que las ecuaciones que obtuvieron serían las idóneas para la predicción de los principales índices espirométricos tanto en niños y adolescentes incluyendo la edad y talla en los que viven en la ciudad de Bogotá.

En otro estudio Meza. M et al <sup>(13)</sup> en nuestro país; para determinar si los parámetros espirométricos de trabajadores de una minera dedicada a la explotación de metales (Plata, Cobre, Zinc) a 4200 msnm son diferentes después de usar broncodilatadores, y si el tiempo de trabajo en la mina (TTM) influye en el resultado de los parámetros. Es un estudio prospectivo de intervención en el cual se registraron 363 trabajadores de una mina explotadora de metales a 4200 msnm, con TTM de  $17.5 \pm 7$  años. Se obtuvieron valores promedio espirométricos pre-broncodilatador los cuales eran los siguientes:  $CVF=5.14 \pm 0.7$  lt;  $VEF1=4.06 \pm 0.6$  lt;  $VEF1/CVF=79.3 \pm 7.7$  FEF 25-75%=  $4.14 \pm 1.3$  lt/s  $FEP=9.3 \pm 0.12$  lt/s y  $TEF=45 \pm 0.12$ s. El  $VEF1/CVF$  fue menor que el predicho ( $p < 0.0001$ ). Los otros parámetros eran mayores que los predichos ( $p < 0.0001$ ). Luego de la

broncodilatación, VEF1/CVF% FEF 25-75% y FEP mejoraron significativamente ( $p < 0.0001$ ), concluyendo que los trabajadores tenían tendencia a patrón obstructivo en la espirometría, que mejoró con el broncodilatador, sugiriendo un estadio subclínico.

Valenzuela. M et al <sup>(5)</sup>, realizaron un estudio en habitantes naturales a una altura de 4105 m.s.n.m, donde concluyen que en las pruebas espirométricas tanto la Capacidad vital forzada y el volumen espiratorio forzado en el primer segundo se encuentran significativamente elevados en los hombres y mujeres de altura en relación a los de nivel del mar mientras que el volumen en ambos disminuye a partir de los 20 años en hombres como en mujeres.

Cipriano. J.S. <sup>(14)</sup>, en nuestro país, realizó un estudio en personas que trabajaban en la fundición del Complejo Metalúrgico, quienes de manera voluntaria participaron del estudio para poder determinar la función pulmonar según CVF, VEF1, VEF1/CVF, y PEF. Fue un estudio tipo observacional, descriptivo y transversal donde participaron 385 trabajadores con un tiempo de residencia más o menos mayor a 5 años y nativos de la zona, siendo las edades entre 20 a 60 años, y dichos trabajadores se les realizó la espirometría forzada para determinar la capacidad funcional respiratoria, de acuerdo a los criterios de la Sociedad Americana de Tórax (ATS). Los valores obtenidos de la Capacidad Vital Forzada eran de 4.83 l/s, el Volumen Espiratorio Forzado al primer segundo de: 4.02 l/s, la relación FEV1/FVC de: 83.45%, y el Flujo Espiratorio Pico de: 9.46 l/s.

Se concluyó que en los trabajadores evaluados el 94,6%, la Capacidad Vital Forzada tenía valores entre el rango de normalidad. El 5.2% de la población evaluada eran portadores de procesos obstructivos leves, y 0.2% portadora de probable proceso restrictivo.

## 3.2.- MECANICA RESPIRATORIA

Los pulmones se encuentran ubicados dentro de la cavidad torácica, la cual está formada por las costillas, la columna vertebral y el esternón; además de músculos, tejido conectivo y el diafragma que cubran la parte superior, inferior, posterior y anterior respectivamente. En la línea media, se encuentra el corazón, el esófago y los grandes vasos sanguíneos, quienes se encuentran siempre separados de los pulmones por membranas. <sup>(15)</sup>

### 3.2.1.- Ciclo respiratorio

El proceso respiratorio pulmonar se da en forma cíclica y secuencial, con la toma de aire o inspiración y el vaciado o espiración. En cada proceso respiratorio se ven, dos fases dadas por la expansión y retracción del tórax usando la contracción muscular. <sup>(15)</sup>

Un ciclo respiratorio normal (en reposo o eupneico) consta de dos fases que son:

- a). **Inspiración:** Es cuando se produce la entrada de aire desde el medio ambiente externo al interior de los pulmones; siendo esta fase de actividad muscular (activa)
- b). **Espiración:** Es cuando se produce la salida del aire de los pulmones al medio ambiente externo. En esta fase no hay actividad muscular (pasiva).

La frecuencia respiratoria es de 12-16 respiraciones por minuto. Si se considera un promedio de 16 respiraciones por minuto. <sup>(15)</sup>

En la respiración normal o en reposo participan los músculos: *En la Inspiración: El Diafragma* siendo su contracción responsable del 75-80% de la inspiración; y *los músculos intercostales* que se ubican entre las costillas y participan básicamente en el soporte de las paredes costales y en respiraciones forzadas. *La espiración:* normalmente, es una fase

pasiva que se caracteriza por la relajación de los músculos inspiratorios y esto favorece a que los pulmones recuperen su elasticidad. <sup>(15)</sup>

En la respiración forzada funcionan otros músculos llamados los accesorios de la respiración como: Esternocleidomastoideo, Escalenos, Extensores de la columna vertebral, Serratos y Pectorales mayores que participan en la inspiración. Y los músculos Intercostales internos y de la pared abdominal que participan en la espiración. <sup>(15)</sup>

En el sistema respiratorio, el aire se mueve por gradiente de presión. Se produce la entrada de aire cuando la presión externa es superior a la interna o pulmonar; y la salida del aire cuando la presión externa es inferior a la interna. La presión del medio ambiente siempre es alrededor de 760 mm Hg considerándose como presión “0”. Esto significa que modificarse la presión interna, ya sea para disminuir o aumentar y así lograr que el flujo aéreo sea en un sentido u otro. La creación de una presión negativa originará la inspiración y la creación de una presión positiva originará la espiración. <sup>(15)</sup>

Existen **cuatro tipos de presiones en el aparato respiratorio** y estas son: *Presión bucal o atmosférica*, (aire en la atmósfera), *Presión alveolar o intrapulmonar*, (aire que se encuentra en los alvéolos), *Presión pleural o intrapleural*, (es lo que se mide entre las hojas de la pleura), el pulmón hacia adentro y el tórax hacia fuera, que genera una presión intrapleural negativa, y *Presión transpulmonar* que corresponde a la diferencia entre la presión alveolar menos la presión pleural. Son las que se cambian durante del ciclo respiratorio. <sup>(15)</sup>

La estructura histológica del pulmón está formada por el tejido conectivo intersticial en las paredes de los alvéolos, bronquiolos; y los capilares que se encuentra formados por fibras de elastina y colágeno, siendo importantes estas últimas ya que, una ayuda a duplicar la

longitud mientras que el otro limita su estiramiento adoptando la forma de una red en diferentes direcciones para que se extienda. Un factor bastante importante en la elasticidad pulmonar es la interface aire-agua alveolar. <sup>(15)</sup>

La facilidad con que un órgano se puede deformarse recibe el nombre de distensibilidad o complianza y se define, como  $C = \frac{\Delta V}{\Delta P}$  el cambio de volumen respecto al cambio de presión. <sup>(15)</sup>

La tensión superficial generada por la interface aire-agua alveolar, que se encuentra en el interior de los alveolos, es proporcional al radio de curvatura de los mismos (ley de Laplace). La presión transmural (o transpulmonar) es contrarrestada por las fuerzas de tensión superficial. Siendo importante esta presión para poder mantener las vías aéreas libres en la espiración forzada y evitar así su colapso. <sup>(15)</sup>

$$P_t = 2T/r \quad \text{Siendo } T = \text{tensión superficial y } r \text{ el radio alveolar.}$$

La sustancia que tapiza los alvéolos se llama surfactante, o tensoactivo, está hace que se disminuya la tensión superficial de los alvéolos, esto conlleva a que la presión pleural sea de - 5 cm de H<sub>2</sub>O. Siendo está una mezcla de proteínas y fosfolípidos, (fosfatidilcolina principalmente o lecitina), secretada a nivel de los neumocitos tipo 2. <sup>(15)</sup>

Existiendo además otros mecanismos que se dan a nivel alveolar como la interdependencia alveolar y el fenómeno de la histéresis importante en lo que se refiere al colapso y compresión de los alveolos. <sup>(15)</sup>

Los pulmones y la pared torácica están extendidos en sentido contrario, ya que los pulmones tienden a relajarse hacia adentro y la pared torácica hacia fuera. Es por eso que la presión pleural es inferior a la presión atmosférica porque existen estas dos fuerzas que se oponen. <sup>(15)</sup>

**Resistencia al flujo de aire.** La gran resistencia que se da, se debe a que se desarrolla el flujo en las vías aéreas (80- 90 % de la resistencia total), en cambio la resistencia tisular o fricción que se desarrolla a nivel de los pulmones (resistencia viscosa tisular) básicamente es pequeña (10-20 % de la resistencia total).<sup>(15)</sup>

**Resistencia de las vías aéreas.** La gran parte de la resistencia que se produce en las vías aéreas se localiza a nivel superior (40-50%), esto porque el flujo de aire que pasa entre las fosas nasales y la laringe es de tipo turbulento por la anatomía que presentan. Si la respiración se realiza por la boca la resistencia tiende a disminuir (ejemplo; durante un ejercicio).<sup>(15)</sup>

A nivel de los bronquios la resistencia disminuye esto porque el flujo se hace transicional, siendo más bien a nivel de bronquiolos el flujo laminar, como consecuencia se origina una disminución de la resistencia.<sup>(24)</sup> Aunque la resistencia depende del calibre del bronquio; la máxima se da a partir de la cuarta ramificación bronquial generalmente; permitiendo la aparición de múltiples tubos en paralelo que aumentan la sección transversal disminuyendo así la resistencia.<sup>(15)</sup>

Las paredes de las vías aéreas están formadas por fibras musculares lisas siendo éstas controladas por el sistema nervioso autónomo, que da origen a la.<sup>(15)</sup> *broncoconstricción y broncodilatación.*

### **3. 3.- ESPIROMETRIA.**

La espirometría es una prueba que nos mide el volumen pulmonar desplazable (FVC)<sup>(16)</sup>; que nos da un cribado de la salud respiratoria, pero no nos proporciona un diagnóstico etiológico<sup>(17)</sup>.

Constituye el estándar de oro que registra las enfermedades caracterizadas por obstrucción al flujo aéreo <sup>(18)</sup>.

Todos los espirómetros deben cumplir los siguientes requerimientos mínimos:

- > Deben contar con una jeringa de calibración.
- > Márgenes de lectura: 0.5 – 8 litros
- > Exactitud: 5% ó 100 ml
- > Precisión: 3% ó 50 ml
- > Linealidad: 3%
- > Resolución: 25 – 50 ml
- > Resistencia: < 1.5 cmH<sub>2</sub>O/L/s entre 0 – 14 L
- > Volumen mínimo detectable: 30 ml <sup>(19)</sup>

Otros aspectos relacionados con el equipamiento. El lugar para la realización de la espirometría debe de ser un espacio exclusivo, con cierta intimidad, será al menos, cerrado, debe ser lo suficiente para que pueda entrar el equipo, el material antropométrico (báscula y tallímetro), una silla o sillón confortable para el paciente y el espacio necesario de trabajo para el técnico. <sup>(20,19)</sup>

La espirometría mide los volúmenes pulmonares dinámicos que deben medirse cuando se da la maniobra de inspiración máxima lenta. Midiendo: *Volumen corriente* (VT), *Volumen de reserva espiratorio* (VRE), *Volumen de reserva inspiratorio* (VRI), *Capacidad inspiratoria* (CI), *Capacidad vital* (VC): se define como la máxima capacidad de aire que puede movilizar y *Capacidad vital forzada* (FVC): volumen que se mide durante una espiración máxima forzada, siendo está la máxima cantidad de aire que entra durante una

espiración forzada. Su valor debería ser casi o igual a la de capacidad vital, pero esto pueda que no suceda. <sup>(20,19)</sup>

Los parámetros más importantes son la capacidad vital y el volumen forzado en un segundo, el FEV1 que siempre dependen de la edad y de la talla del paciente (características antropométricas), en ambos casos se considera un valor normal igual o superior al 80% del valor de referencia. <sup>(3)</sup>

Los flujos espiratorios, se expresan como la cantidad de volumen de aire inspirado o espirado, esto entre el período de tiempo que se fije. Siendo el más importante de la espiración del 25% y el 75% el flujo medio mesoespiratorio o MMEF. <sup>(19)</sup>

Los flujos instantáneos importantes son el flujo pico o PEF, MEF50, el MEF25. Siendo los valores de estos expresados en porcentaje de los de referencia; esto debido a su gran variabilidad, considerándose normales cuando superan el 65%. Siendo de menor trascendencia en la práctica médica diaria, a la vez más difícil de realizar y valorar. <sup>(19)</sup>

Como sabemos el FEV1 y la VC son de mucha importancia sobre todo la relación entre ambos. La relación FEV1/FVC, en condiciones normales su valor se expresa en % y deberá pasar el 70%. <sup>(3)</sup>

Cuando analizamos la espirometría, toma importancia la curva flujo/volumen, ya que ayuda a distinguir dos diagnósticos espirométricos: el patrón obstructivo y el patrón restrictivo. Se debe además considerar e identificar, un tercer tipo de alteración. (**Anexo 2**) <sup>(21)</sup>

El sistema respiratorio sufre varios cambios estructurales, cambios fisiológicos e inmunológicos con la edad lo que deben ser identificados para diferenciar una enfermedad pulmonar incipiente a partir de un estado normal. En grandes altitudes para realizar

estudios de diagnóstico oportunos, evitando intervenciones innecesarias o tardías, y a su vez, determinar si estos cambios puedan predisponer a estas personas que laboran en la mina al aumento del riesgo para las enfermedades respiratorias.

Como sabemos no existen cambios en los volúmenes pulmonares entre el nivel del mar y los 1800 m, pero sí que se ha encontrado aumento en personas que viven en grandes alturas, por encima de los 3000 m, sin atribuirse a factores de raza o de tamaño corporal <sup>(20)</sup>.

El aumento de la Capacidad Pulmonar Total se encuentra alrededor del 7%, generalmente debido a una mayor Capacidad Residual Funcional (FRC) y Volumen Residual (RV), entre tanto la FVC muestra valores menores. Los cambios que se dan en estos volúmenes afectan a los nativos de las grandes alturas <sup>(19)</sup> y aquellas personas que se aclimatan para poder vivir allí durante su crecimiento, sin embargo, las personas que se aclimatan en edad adulta muestran volúmenes menores. Esto nos hace pensar que no se trata de un rasgo genético más bien que se trata de adaptarse a la hipoxia durante el crecimiento de la persona y que se ve reflejada en aumento del número y tamaño de los alvéolos. <sup>(20)</sup>

En resumen, el proceso de adaptación a la altura tiene dos fases siendo la 1era de estas donde el organismo por la necesidad de oxígeno causada por una bajada de la presión atmosférica, el mismo reacciona produciendo una hiperventilación y taquicardia produciendo una sobrecarga de trabajo en el sistema cardiorrespiratorio esta es la **fase de acomodación**. <sup>(22)</sup>

Si continua la exposición a la hipoxia, se da una 2da fase de adaptación a que se conoce como la **fase de aclimatación** que consiste en: El aumento de la ventilación pulmonar, la hemoglobina aumenta, la capacidad de difusión de los pulmones se eleva, hay aumento de la vascularidad de los tejidos, aumento de la capacidad de las células para usar el oxígeno a una presión baja. <sup>(22)</sup>

El proceso del sistema de adaptación a la altura que como mencionamos párrafos arriba consiste en la acomodación y aclimatación que puede durar mínimo entre 48 a 72 horas pudiendo prolongarse algunos días más.

#### IV. JUSTIFICACIÓN

Hay evidencia científica ya mencionada de estudios sobre Espirometría en personas que habitan en zonas de altura donde se comprueba que la capacidad pulmonar en la altura es mayor que en habitantes a nivel del mar; esto es debido a que los habitantes nativos de estos lugares han tenido durante su crecimiento y desarrollo cambios anatómicos y fisiológicos adaptativos para estas condiciones <sup>(10)</sup>.

La exposición ocupacional en minería contribuye significativamente al incremento de la EPOC (enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica, incluyendo enfisema y bronquitis crónica) lo que puede conducir a una alteración de la función pulmonar, así como a su excesiva tasa de declinación funcional.

El conocimiento actual de la patogénesis de la EPOC indica que la inhalación crónica de partículas, algunas de estas tóxicas; y gases pueden conducir a lesiones tisulares progresivas a través de una cascada de procesos inflamatorios en el pulmón persistentes incluso después de que la exposición cesa.

En la práctica, este potencial uso de la espirometría a menudo está subutilizado, principalmente porque las intervenciones para la prevención de enfermedades respiratorias identificadas por alteraciones de las vías respiratorias no son obligatorias. De este modo la monitorización a través de la espirometría en el lugar de trabajo puede ser en sí, una herramienta valiosa para el reconocimiento temprano y la prevención del desarrollo de enfermedades respiratorias a través de intervenciones y evitar así la disminución excesiva de la función pulmonar.

Por esta razón, se ha recomendado el seguimiento de la salud del trabajador en el lugar de trabajo mediante espirometría periódica como herramienta para la prevención de enfermedades respiratorias (ACOEM, 2000; ACOEM, 2010) <sup>(31,32)</sup>

Por lo anterior, el resultado de este estudio sería la base para estudios posteriores que podrían realizarse a esta población y así mejorar la detección temprana de enfermedades pulmonares utilizando valores de referencia que se pueden obtener para los trabajadores mineros en altura geográfica.

## **V. OBJETIVOS**

### **5.1. Principal**

- Describir la función mecánica respiratoria con la edad en trabajadores mineros por encima de los 2 500 m.s.n.m

### **5.2. Específicos**

- Describir las características sociodemográficas de los trabajadores mineros por encima de los 2 500 msnm.
- Describir las características ocupacionales de los trabajadores mineros por encima de los 2 500 msnm.
- Describir los patrones espirométricos de los trabajadores mineros.

## **VI. METODOLOGIA**

### **6.1.- TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION**

Estudio descriptivo, observacional de tipo transversal, de trabajadores mineros que se encontraban laborando en una empresa minera por encima de los 2 500 m.s.n.m.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, se solicitó a la empresa la data de los resultados de las espirometrías hechas y el acceso a la historia clínica de los trabajadores hasta completar el tamaño muestral.

Los datos fueron codificados, anónimos según el Manual de Procedimientos de la Oficina de Protección de Seres Humanos sujetos a investigación (OPHSI) y del Comité Institucional de Ética para humanos (CIEH) como lo establece en la Declaración de la Política de OPHSI; cumpliendo con los Principios de No Maleficiencia, de Beneficiencia, Autonomía o Principio de Respeto y de Justicia; con la Responsabilidad y Compromiso del Investigador. Se presentó el proyecto del trabajo de investigación al área correspondiente de la empresa para la autorización de su ejecución.

La calibración del espirómetro, la preparación del paciente, del procedimiento de la espirometría y de las características de las maniobras se verificó al revisar la data proporcionada por la empresa a través de su proveedor del servicio que realizó el examen en mención; se explica en el **Anexo 1**

Se obtuvo la información de la espirometría hecha al trabajador proporcionada por el centro proveedor de la empresa, se confeccionó una base de datos digital para la manipulación de la información.

## 6.2.- OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Constructo	Indicador	Tipo de Variable	Escala de Medición	Instrumento
Puesto de Trabajo	Es la tarea (as) que realiza en su trabajo diario.	Ayudante, Obrero, Operario, perforistas, otras	Ayudante, Obrero, Operario, perforistas, otras	Cualitativa	Nominal	Ficha de Recolección de Datos
Volumen Pulmonares	CFV	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	VEF1	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	VEF1/CVF	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	PEF	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	PEF2575	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FET	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	Evol	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FIVC	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FEV1/VC	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FEV6	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FEV1/FEV6	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	19FEP25	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	FEP75	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
	MVM	Resultado	Valor numérico	Cuantitativa	Razón	Equipo de Espirometría
Edad	Tiempo en años transcurrido desde nacimiento hasta la encuesta realizada	Nº de Años cumplidos del trabajador.	Valor numérico (años)	Cuantitativa	Razón	Ficha de Recolección de Datos y/o Espirometría
Sexo	Características genéticas de un individuo	Características Sexuales Específicas	Masculino Femenino	Cualitativa	Nominal	Ficha de Recolección de Datos y/o Espirometría
Tiempo de trabajo	Periodo de tiempo en el puesto de trabajo	Nº de años de servicio del trabajador en el mismo puesto de trabajo	Valor numérico (años)	Cuantitativa	Razón	Ficha de Recolección de Datos
Hábitos	<i>Saludables:</i> realiza ejercicios. <i>Nocivos:</i> si fuma o no, cuantos cigarrillos	Si realiza o no ejercicios. Si fuma o no fuma	SI NO	Cualitativa	Nominal	Ficha de Recolección de Datos

### **6.3.- CRITERIOS DE SELECCIÓN:**

#### **Criterios de Inclusión:**

1. Trabajadores mineros de la empresa minera en una altura geográfica igual y mayor de 2500 msnm.

#### **Criterios de Exclusión:**

1. Antecedente de intervenciones quirúrgicas hace un mes o menos.
2. Antecedente de patologías pulmonares tales como neumotórax, tuberculosis pulmonar, traumatismo torácico, edema pulmonar, asma bronquial, EPOC.
3. Espirometrías que no cuenten con el registro de calibración espirométrica actualizada a la fecha de realizado el examen.
4. Espirometrías que no cumplan con los criterios internacionales de reproducibilidad y aceptabilidad (NIOSH/ALAT)

## VII. RESULTADOS

Se pudo conseguir una base de datos secundarios con registros de 414 sujetos de una empresa minera que se encuentra a 4750 m.s.n.m. de nuestro país que incluyó trabajadores activos durante el año 2018.

Se solicitó a la empresa minera el acceso a la historia clínica de los trabajadores y a la espirometría de tal manera que se realizaría la extracción de datos para la investigación.

De los 414 registros, 114 no se consideraron para el análisis debido a que 102 no contaban con el resultado del examen de la espirometría en su historia clínica, otros 12 no se les consideró en su evaluación médica ocupacional el examen de espirometría,

Finalmente se contaron con 300 registros de trabajadores mineros que fueron incluidos en el análisis, para los que se consiguieron datos de las variables planteadas en el estudio.

En cuanto a los puestos de trabajo fueron recategorizados debido a la gran variedad de los mismos, agrupándose en 7 puestos los cuales son: Administrativos, Ingenieros y jefes, ayudantes de operarios, técnicos, operarios de equipos y maquinarias pesadas, operarios 1 y operarios 2 estos dos últimos incluyen puestos de trabajo que se mencionan (**Anexo 3**)

Debido a que no se dispuso de información, no se incluyeron en el análisis las siguientes variables: FIVC, FEV1/VC, FEV6, FEV1/FEV6, FEP25, FEP75, MVM; ya que no se encontraron en la hoja de resultado de las espirometrías.

## Datos sociodemográficos

**Tabla N° 1A: Estadísticos de Edad por Sexo**

Sexo	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Mediana	Varianza	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior					
		Femenino	30.00					
Masculino	42.79	41.61	43.97	41.00	105.179	10.256	19	68

En las Tablas N° 1A, se consigna que en el grupo el 97.6% de los trabajadores fueron varones y el 2.33% fueron mujeres. la edad promedio fue de 42.79 años en varones y de 30 años en mujeres.

**Tabla N° 1B: Nativos de Zona de Altura y sus valores espirométricos**

Valores espirométricos	Altitud residencia por rangos (m.s.n.m.)										
	Menos de 2500			De 2501 a más			Prueba de diferencia de medias		Total		
	Media	N	Desv. Desviación	Media	N	Desv. Desviación	t	p	Media	N	Desv. Desvia ción
FVC	4.574	165	0.679	4.785	135	0.751	-2.545	0.011	4.669	300	0.719
FEV1	3.709	165	0.611	3.873	135	0.709	-2.143	0.033	3.783	300	0.661
FVC/FEV1	79.959	165	8.989	80.632	135	5.292	-0.767	0.444	80.262	300	7.549
PEF	11.092	165	1.946	11.084	135	1.856	0.037	0.970	11.088	300	1.903
PEF2575	3.883	165	1.347	3.890	135	1.209	-0.046	0.963	3.886	300	1.285
FET	7.892	165	0.723	8.059	135	0.986	-1.698	0.091	7.967	300	0.854

En la Tabla N° 1B; se presenta los valores espirométricos comparando a 165 trabajadores residentes a menos de 2500 msnm y 135 que residen a más 2500 msnm; las diferencias de las medias entre los dos grupos al aplicarse prueba t para muestras no relacionadas para un p valor menor de 0.05 alcanzaron una diferencia estadísticamente significativa para las variables FVC, FEV1, siendo estas medias mayores comparativamente de los residentes por encima de 2500 msnm con los residentes a menos altitud.

**Tabla N° 2: Estadísticos de Peso por Sexo**

Sexo	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Mediana	Varianza	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior					
Femenino	56.29	46.71	65.86	61.00	107.24	10.36	40.00	69.00
Masculino	70.94	69.80	72.07	70.00	97.41	9.87	48.00	125.00

En la Tablas N° 2 el promedio de peso corporal fue de 70.94 kg en varones y 56.29 kg en mujeres.

**Tabla N° 3: Estadísticos de Talla por Sexo**

Sexo	Media	95% de intervalo de confianza para la media		Mediana	Varianza	Desv. Desviación	Mínimo	Máximo
		Límite inferior	Límite superior					
Femenino	1.563	1.505	1.620	1.540	0.386	0.062	1.480	1.670
Masculino	1.624	1.617	1.631	1.620	0.365	0.060	1.430	1.910

En la Tablas N° 3 la talla promedio fue de 1.62 m en varones y de 1.56 m en mujeres.

En la Tablas N° 4 en cuanto al Índice de Masa corporal, (IMC) (en Kg/ m<sup>2</sup>), los puntos de corte se expresan de acuerdo con los criterios actuales de la Organización Mundial de la Salud (O.M.S) de la siguiente forma:

- ) Entre 18.5 y 24.9 kg/m<sup>2</sup>: Normo peso.
- ) Entre 25 y 29.9 kg/m<sup>2</sup>: Sobrepeso.
- ) Mayor a 30 kg/m<sup>2</sup>: Obesidad.

**Tabla N° 4: Índice de Masa Corporal por Sexo**

Rango de Índice de Masa Corporal (Kg/m <sup>2</sup> )	Número	Porcentaje	Sexo	
			Masculino	Femenino
Menos de 18.5	1	0.33%	0 0.0%	1 14.3%
De 18.5 a 24.9	72	24.00%	68 23.2%	4 57.1%
De 25.0 a 29.9	187	62.3%	185 63.1%	2 28.6%
Mayor de 30.0	40	13.3%	40 13.7%	0 0.0%
Total	300	100.0%	293 100.0%	7 100.0%

En la Tabla N° 4, el estudio muestra que el 24 % fueron normo-peso, el 62.33% tienen la condición de sobrepeso, y un 13.33% fueron categorizados en obesidad. En los varones, el 63.1% tiene entre 25.0 a 29.9 Kg/m<sup>2</sup>, y el 23.2% tiene entre 18.5 a 24.9 Kg/m<sup>2</sup>, constituyendo el principal porcentaje. En mujeres, sin embargo, el 57.1% (4 de 7) se encontró comprendido entre 18.5 a 24.9 Kg/m<sup>2</sup>.

Se categorizaron rangos de edad, luego de haber obtenido los estadígrafos descriptivos por Sexo, como se muestra a continuación:

**Tabla N° 5: Rango etario por Sexo**

Rango etario (años)	Número	Porcentaje	Sexo			
			Femenino	%	Masculino	%
Menor de 20	1	0.33%	0	0.00%	1	0.34%
De 20 a 30	32	10.52%	4	57.14%	27	9.22%
De 31 a 40	114	38.14%	3	42.86%	111	37.88%
De 41 a 50	87	29.00%	0	0.00%	87	29.69%
De 51 a 60	50	16.67%	0	0.00%	50	17.06%
Mayor de 60	17	5.67%	0	0.00%	17	5.80%
Total	301	100.33%	7	100.00%	293	100.00%

En la Tabla N° 5 se observa que, el 22.86% de varones eran mayores de 51 años, mientras en mujeres ninguna fue mayor de 40 años.

**Tabla N° 6: Puestos de trabajo por Sexo**

Puesto de Trabajo	Número	Porcentaje	Sexo	
			Masculino	Femenino
Administrativos	55	18.3%	49	6
			16.7%	85.7%
Ayudantes de Operarios	12	4.0%	12	0
			4.1%	0.0%
Ingenieros y Jefes	24	8.0%	23	1
			7.8%	14.3%
Operarios 1	60	20.0%	60	0
			20.5%	0.0%
Operarios 2	70	23.3%	70	0
			23.9%	0.0%
Operarios de equipos y maquinaria pesadas	56	18.7%	56	0
			19.1%	0.0%
Técnicos	23	7.7%	23	0
			7.8%	0.0%
Total	300		293	7
	100.0%		100.0%	100.0%

En la Tabla N° 6 se observa que, en los varones, el 23.9% y 20.5% se encuentra incluido en los puestos de trabajo de Operarios 2 y Operarios 1 respectivamente, constituyendo el

principal grupo de la fuerza laboral. En mujeres, sin embargo, 85.7% (6 de 7) se encontró comprendido en los puestos de trabajo de tipo administrativo

**Tabla N° 7: Rango de tiempo de trabajo en varones por zona de trabajo**

Rango de Tiempo de Trabajo (años)	Número	Porcentaje	Zona Trabajo	
			Superficie	Subterránea/Socavón
Menos de 5	146	49.8%	72 58.5%	74 43.5%
De 5 a 10	55	18.8%	15 12.2%	40 23.5%
De 10 a 20	52	17.7%	14 11.4%	38 22.4%
De 20 a 30	11	3.8%	4 3.3%	7 4.1%
De 30 a 40	24	8.2%	13 10.6%	11 6.5%
Más de 40	5	1.7%	5 4.1%	0 0.0%
Total	293	100.0%	123 100.0%	170 100.0%

En las labores en las instalaciones de la empresa actualmente operan 4 procesos productivos polimetálicos (plomo, zinc, cobre y plata), los operadores realizan diversas labores en áreas de superficie y de socavón o minería subterránea, por lo cual, al momento de obtener los datos en el presente estudio, se incluyó la información de varones que laboraban en dichas áreas, es así que: 123 fueron de superficie y 170 de socavón o minería subterránea, como se aprecia en la Tabla N° 7.

Del total de varones con tiempo de trabajo de menos de 5 años, el 58.5% laboraban en superficie, y 43.5% en socavón, y en el rango de 5 a 10 años, 12.2% en superficie y 23.5% en socavón respectivamente.

### Valores espirométricos

**Tabla N° 8: Valores espirométricos por Sexo**

Sexo	Valores espirométricos	Media	Mediana	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Percentiles		
							25	50	75
Femenino	CVF	3.93	3.99	0.34	3.28	4.36	3.72	3.99	4.13
	VEF1	3.32	3.31	0.34	2.73	3.87	3.24	3.31	3.46
	(VEF1/ CVF)*100	84.53	83.20	3.62	80.10	89.70	81.30	83.20	88.70
	FEP	8.36	8.05	0.73	7.66	9.46	7.79	8.05	9.32
	FEF 25%-75%	3.70	3.40	0.79	2.96	5.02	3.07	3.40	4.55
Masculino	CVF	4.69	4.66	0.72	2.42	7.08	4.26	4.66	5.23
	VEF1	3.79	3.79	0.66	1.83	5.68	3.37	3.79	4.23
	(VEF1/ CVF)*100	80.16	80.60	7.59	78.30	97.90	76.95	80.60	83.90
	FEP	11.15	11.13	1.87	5.90	16.31	9.89	11.13	12.29
	FEF 25%-75%	3.89	3.78	1.29	1.04	9.21	2.99	3.78	4.71

En la Tabla 8, se observan los estadísticos de los valores de espirometría en varones y mujeres. En mujeres, la CVF promedio es de 3.93 litros, el VEF1 es de 3.32 litros, la relación VEF1/ CVF es de 84.53% y el FEP es de 8.36 litros/segundo y el FEF 25%-75% es de 3.7 litros/segundo.

De igual forma se observa que el valor mínimo de la CVF registrado es 3.28 litros, el valor máximo es de 4.36 litros y el 75% de las mujeres tienen una CVF de hasta 4.13 litros.

En la Tabla 8, también se observan los valores de la espirometría de varones, la CVF promedio es de 4.69 litros, el VEF1 es de 3.79 litros, la relación VEF1/ CVF es de 80.16% y el FEP es de 11.15 litros/segundo y el FEF 25%-75% es de 3.89 litros/segundo.

De igual forma se observa que el valor mínimo de la CVF registrado es 2.42 litros, el valor máximo es de 7.08 litros y el 75% de los varones tienen una CVF de hasta 5.23 litros.

**Tabla N° 9: Tipo de Diagnóstico espirométrico en varones**

Tipo de Diagnóstico	Porcentaje	Número
Normal	96.59%	283
Diagnóstico Obstructivo	2.73%	8
Diagnóstico Restrictivo	0.68%	2
Total	100.00%	293

En la Tabla 9, se observa que el 96.59% de los varones presentaron un diagnóstico de patrón espirométrico normal, el 2.73% como patrón obstructivo y 0.68% de patrón restrictivo.

**Tabla N° 10: Valores espirométricos en varones según Zona de trabajo**

Zona de Trabajo	Valor espirométrico	Media	Mediana	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Percentiles		
							25	50	75
Superficie	CVF	4.62	4.59	0.78	2.42	7.08	4.19	4.73	5.25
	VEF1	3.75	3.79	0.70	1.89	5.68	3.30	3.80	4.27
	(VEF1/CVF)*100	80.96	81.25	5.51	68.60	97.30	76.30	80.60	84.10
	FEP	10.72	10.65	1.98	5.90	15.94	9.38	10.79	12.13
	FEF 25%-75%	3.90	3.66	1.37	1.46	9.21	2.85	3.72	4.93
Subterránea/Socavón	CVF	4.71	4.65	0.67	2.65	6.34	4.28	4.65	5.19
	VEF1	3.81	3.78	0.63	1.83	5.54	3.39	3.78	4.20
	(VEF1/CVF)*100	79.73	80.65	8.77	8.30	97.90	77.78	80.65	83.23
	FEP	11.37	11.33	1.80	6.41	16.31	10.35	11.33	12.42
	FEF 25%-75%	3.87	3.81	1.22	1.04	7.98	3.13	3.81	4.48

En la Tabla 10, se observan los estadísticos de los valores de espirometría en varones que laboraban en zonas de trabajo superficie y socavón/subterránea. En superficie, la CVF promedio es de 4.62 litros, el VEF1 es de 3.75 litros, la relación VEF1/CVF es de 80.96% y el FEP es de 10.72 litros/segundo y el FEF 25%-75% es de 3.9 litros/segundo.

De igual forma se observa que el valor mínimo de la CVF registrado es 2.42 litros, el valor máximo es de 7.08 litros y el 75% de trabajadores en superficie tienen una CVF de hasta 5.25 litros.

En la Tabla 10, también se observan los valores de la espirometría de trabajadores de socavón/subterránea, la CVF promedio es de 4.71 litros, el VEF1 es de 3.81 litros, la

relación VEF1/CVF es de 79.73% y el FEP es de 11.37 litros/segundo y el FEF 25%-75% es de 3.87 litros/segundo.

De igual forma se observa que el valor mínimo de la CVF registrado es 2.65 litros, el valor máximo es de 6.34 litros y el 75% de los varones tienen una CVF de hasta 5.19 litros.

**Tabla N° 11: Estadígrafos de valores espirométricos en varones según rangos etarios**

Valor espirométrico	Rango etario (años)	Media	Mediana	Desv. Estándar	Mínimo	Máximo	Percentiles		
							25	50	75
CVF	De 20 a 30	4.92	5.12	0.75	3.67	6.34	4.20	5.12	5.34
	De 31 a 40	5.01	5.00	0.57	3.78	7.08	4.57	5.00	5.36
	De 41 a 50	4.65	4.65	0.62	3.01	6.17	4.28	4.65	5.07
	De 51 a 60	4.19	4.24	0.65	2.42	5.67	3.77	4.24	4.59
	Mayor de 60	3.80	3.77	0.66	2.65	4.91	3.21	3.77	4.45
VEF1	De 20 a 30	4.19	4.31	0.70	3.00	5.54	3.57	4.31	4.67
	De 31 a 40	4.09	4.04	0.50	3.10	5.68	3.68	4.04	4.36
	De 41 a 50	3.72	3.72	0.58	2.20	5.10	3.36	3.72	4.09
	De 51 a 60	3.32	3.30	0.54	1.89	4.26	2.93	3.30	3.78
	Mayor de 60	2.95	2.90	0.54	1.83	3.80	2.73	2.90	3.37
(VEF1/CVF)*100	De 20 a 30	83.68	82.70	5.20	74.60	93.40	79.50	82.70	88.90
	De 31 a 40	81.56	81.40	5.06	66.30	97.30	78.30	81.40	85.10
	De 41 a 50	78.10	80.00	10.97	8.30	89.70	76.10	80.00	82.80
	De 51 a 60	79.26	78.75	5.00	66.30	97.90	76.23	78.75	82.50
	Mayor de 60	77.71	77.00	5.05	69.20	89.50	74.40	77.00	81.60
FEP	De 20 a 30	11.25	11.12	1.34	8.67	14.08	10.51	11.12	12.38
	De 31 a 40	11.91	11.80	1.56	8.18	16.05	11.07	11.80	13.13
	De 41 a 50	11.31	11.03	1.81	6.78	16.31	9.94	11.03	12.55
	De 51 a 60	9.80	9.81	1.81	5.90	15.94	8.63	9.81	11.02
	Mayor de 60	9.24	9.38	1.75	6.25	12.51	8.26	9.38	10.48
FEF 25%-75%	De 20 a 30	4.43	4.20	1.08	2.75	6.88	3.56	4.20	5.15
	De 31 a 40	4.30	3.97	1.19	1.91	9.21	3.50	3.97	5.27
	De 41 a 50	3.76	3.77	1.24	1.40	6.86	2.85	3.77	4.48
	De 51 a 60	3.23	3.15	1.17	1.31	7.98	2.44	3.15	3.84
	Mayor de 60	2.70	2.47	0.95	1.04	4.17	2.08	2.47	3.67

En la Tabla 11, se observa que la Capacidad Vital Forzada comienza a disminuir desde el rango de 20 a 30 años hacia mayores de 60, lo mismo ocurre con los resultados del VEF1, y consecutivamente ocurre lo mismo con la relación VEF1/CVF, FEP y FEF 25-75%.

**Tabla N° 12: Análisis de normalidad de variables espirométricas en varones (Test de Kolmogorov-Smirnoff)**

Variables	Estadístico	gl	Sig.
CVF	0.034	293	0.200
VEF1	0.035	293	0.200
(VEF1/CVF)*100	0.127	293	0.000
FEP	0.038	293	0.200
FEF 25% -75%	0.071	293	0.001

La prueba Kolmogorov-Smirnov se usa para contrastar la hipótesis de normalidad de la población cuando ésta es mayor a 50, el estadístico de prueba es la máxima diferencia:  $D = \max |F_n(x) - F_0(x)|$ , donde siendo  $F_n(x)$  la función de distribución muestral y  $F_0(x)$  la función teórica o correspondiente a la población normal especificada en la hipótesis nula.

Las variables de los volúmenes y flujos se aprecian en la Tabla 12, las variables CVF, VEF1 y FEP no tienen una distribución diferente con una curva normal, lo que se confirma con los valores de p del test Kolmogorov-Smirnoff (0.200 en los tres casos, siendo mayor de  $p=0.05$ ).

**Tabla N° 13: Correlación de valores espirométricos en varones con edad y talla**

Valor espirométrico	Edad		Talla	
	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)	Correlación de Pearson	Sig. (bilateral)
CVF	-0.489	0.000	0.512	0.000
VEF1	-0.560	0.000	0.449	0.000
(VEF1/CVF)*100	-0.249	0.000	-0.026	0.652
FEP	-0.423	0.000	0.350	0.000
FEF 25% -75%	-0.422	0.000	0.204	0.000

En la Tabla 13 se ha utilizado el coeficiente de correlación de Pearson para estudiar la correlación entre las variables aleatorias cuantitativas edad y valores espirométricos, talla y valores espirométricos respectivamente, para determinar la intensidad (valor numérico) y la dirección (signo) de la relación. Se aprecia la correlación entre los valores espirométricos en varones y las variables edad y talla. Los coeficientes de Pearson alcanzaron significancia estadística en todos los pares, siendo principalmente indirecta con la edad y principalmente directa con la talla.

**Tabla N° 14: Modelos de regresión de valores espirométricos en varones según edad y talla**

Valores espirométricos	Modelo	Coeficientes no estandarizados B	Desv. Error	Coeficientes estandarizados Beta	t	Sig.	95.0% intervalo de confianza para B		
							Límite inferior	Límite superior	
CVF	1	(Constante)	-5.177	0.970		-5.336	0.000	-7.086	-3.268
		Talla	0.061	0.006	0.512	10.174	0.000	0.049	0.072
	2	(Constante)	-2.426	0.918		-2.643	0.009	-4.233	-0.620
		Talla	0.051	0.005	0.432	9.448	0.000	0.041	0.062
VEF1		Edad	-0.028	0.003	-0.403	-8.810	0.000	-0.034	-0.022
	1	(Constante)	5.342	0.138		38.650	0.000	5.070	5.614
		Edad	-0.036	0.003	-0.560	-11.518	0.000	-0.042	-0.030
	2	(Constante)	-1.105	0.840		-1.316	0.189	-2.758	0.548
(VEF1/CVF)*100		Edad	-0.032	0.003	-0.490	-10.835	0.000	-0.037	-0.026
		Talla	0.039	0.005	0.351	7.766	0.000	0.029	0.048
	1	(Constante)	88.060	1.849		47.625	0.000	84.421	91.699
		Edad	-0.185	0.042	-0.249	-4.393	0.000	-0.267	-0.102
FEP	1	(Constante)	14.460	0.427		33.846	0.000	13.619	15.301
		Edad	-0.077	0.010	-0.423	-7.957	0.000	-0.096	-0.058
	2	(Constante)	0.081	2.722		0.030	0.976	-2.276	5.438
		Edad	-0.067	0.009	-0.368	-7.092	0.000	-0.086	-0.049
FEF 25%-75%		Talla	0.086	0.016	0.277	5.343	0.000	0.054	0.118
	1	(Constante)	6.169	0.295		20.895	0.000	5.588	6.750
		Edad	-0.053	0.007	-0.422	-7.936	0.000	-0.066	-0.040
	2	(Constante)	1.700	1.953		0.870	0.385	-2.144	5.545
FEF 25%-75%		Edad	-0.050	0.007	-0.397	-7.373	0.000	-0.063	-0.037
		Talla	0.027	0.012	0.125	2.314	0.021	0.004	0.049

En la Tabla 14, se observa los valores de coeficientes, como constantes y valores de beta, de la construcción de modelos de regresión lineal múltiple, en varones; por método escalonado. Para la CVF, VEF1, FEP y FEF 25%-75% los valores fueron dependientes de la Edad y la Talla; para la (VEF1/CVF) \*100, lo fue sólo para la edad. En todos los modelos de regresión múltiple para los valores espirométricos, la variable edad tuvo valor inverso o negativo.

## VIII. DISCUSIÓN

Se realizó el estudio de la medición de la función respiratoria por espirometría procedentes de resultados de exámenes médicos ocupacionales de trabajadores de una empresa de la mediana minería de explotación polimetálica de altitud mayor a 2500 m.s.n.m. En el estudio, se ha considerado participantes aparentemente sanos desde el punto de vista clínico; no descartándose a aquellos que nacieron y/o que residan en altura con un tiempo mayor a 5 años.

Se encontró un aumento de CFV y VEF1, que se relaciona directamente con el sexo masculino. Se sabe que el sexo masculino tiene mayor volumen pulmonar dado sus características físicas, lo que se traduce en un aumento de los valores espirométricos dependientes del volumen pulmonar son el CVF y FEV1 que de modo similar a lo hallado por Mejía et al <sup>(33)</sup> en el 2020; fueron mayores al comparar población minera de altitud con nivel del mar. Es posible que estos valores superiores también se relacionen con sexo masculino.

En otro estudio realizado por Canaviri-Mauricio <sup>(34)</sup> en el 2018; en la ciudad de Huancayo a 3259 msnm fueron también superiores los valores de CVF y FEV1 comparando población residente a dicha altura con población a nivel del mar.

Por estas cuestiones de adaptación, el hombre andino tiene un modelo somático diferente al *H. sapiens* del llano, pues las necesidades de residir en la altiplanicie andina le llevan a desarrollar características propias que le permitan vivir en esas condiciones ambientales particulares. El ambiente andino, y el tiempo, le han dejado entre otras huellas la amplitud del tórax, la forma del tronco y su talla. Respecto a definir quiénes so

Según MINEM (2019), el 70% de los trabajadores mineros tienen entre 26 a 45 años, lo que sería comprable en nuestra muestra que incluyó a un 77% a menores de 51 años, con

un promedio de edad de 42.79 en varones y de 30 años en mujeres, lo que, comparado con Chile, el promedio de edad es ligeramente mayor (40,5 años en el año 2014).<sup>(6)</sup>

En nuestra muestra el 24.33% tuvo un IMC normal o bajo, lo que comparado con otro estudio ha sido menor, Velásquez<sup>(29)</sup> halló este valor en 31.4% en trabajadores sector hidroeléctrico, mientras que para Mejía<sup>(30)</sup>, halló el 19,3% con IMC mayor de 30 kg/m<sup>2</sup> en trabajadores de salud y en nuestra muestra fue menor (8.9%).

Con relación a los valores espirométricos y las ocupaciones ubicadas por zona de trabajo, no hubo diferencia estadísticamente significativa, Mejía sin embargo si la halló en trabajadores mineros de tipo operarios comparados con no operarios de grandes altitudes.<sup>(29)</sup>

En nuestro estudio el 2.73 % fueron catalogados como portadores de patrón obstructivo leve, es decir la relación VEF1/FVC se encontró reducida (menor del límite inferior de la normalidad, menor al 70%), esto significa que la resistencia al flujo de aire está aumentada y durante el primer segundo de la espiración forzada, el volumen espirado es menor que el volumen de referencia considerado normal, condición que es considerada característica en otras enfermedades con limitación al flujo por contracción bronquial; el 0.68%, fueron categorizados con patrón restrictivo, siendo el criterio principal que la CVF se encuentre por debajo del denominado límite inferior de la normalidad, así como la relación VEF1/FVC se encuentre por encima del límite inferior de la normalidad y la curva flujo volumen presente una morfología convexa. El patrón restrictivo se refiere a un pulmón pequeño como se observa en problemas de tipo intersticiales o fibrosantes del pulmón.

Se tomó la decisión de no incluir en el análisis de los valores espirométricos a la población laboral femenina dado su escaso número ( $n_m=7$ ) y mantener las observaciones y análisis con el total de varones ( $n_n=293$ ).

Al observar los resultados de la medición de la capacidad vital forzada (CVF), el promedio de los trabajadores que laboran en la empresa minera es de 4.65 litros en el rango etario de 41 a 50 años; en forma similar observamos que el Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo (VEF1) para los trabajadores, el resultado promedio es de 3.72 litros también observamos los resultados en la relación Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo sobre la Capacidad Vital Forzada (FEV1/FVC) es de 78.15%, también se observa la misma correlación y en cuanto al PEF (flujo espiratorio pico), éste resultado está relacionado con la fuerza de los músculos respiratorios, el resultado promedio es de 11.31 litros/segundo.

Se observa además que la CVF, el VEF1, el PEF, empieza a disminuir en promedio desde los 20 años, en rango sucesivos hasta los mayores de 60, lo que se encuentran en las tablas respectivas, y que ello concuerda con los estudios realizados por Pérez Padilla et al. <sup>(4)</sup> en el 2007 y la Asociación Latinoamericana del Tórax en su Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el Médico; en el cual se observan los valores referenciales para varones mexicanoamericanos.

Si realizamos las comparaciones de la CFV con valores de referencia NHANES, (National Health and Nutrition Evaluation Survey, Pérez-Padilla et al<sup>(4)</sup>, en el 2007; y tomando como referencia los promedios de personas varones mexicanoamericanos de 20 a 60 años de edad y de 1.65 m. de talla, a una altitud promedio de 2,240 m.s.n.m. encontramos que, para la CVF, nuestros resultados fueron 12.05 % mayores; en cuanto a los valores de VEF1, nuestros resultados fueron 11.71 % mayores y para la relación VEF1/CVF, nuestros resultados fueron 3.93% menores.

En el estudio PLATINO (Vázquez-García, et al <sup>(9)</sup> en el 2008), los valores de referencia para población latinoamericana para promedio de talla 1.6 m y edad 40 años, se encontró que la CVF de los trabajadores en la empresa minera, es mayor en 9.93 % y la CVF1 es

mayor en 9.41 %, aunque en la relación VEF1/CVF, nuestros resultados fueron 2.98% menores.

Al observar otros estudios como el de Knudson; Diez. H <sup>(7)</sup>, en el 2010; tomando como referencia población europea en un rango de edades de 20 a 80 años, con un promedio de 45 años y 1.75 m. de altura, se encontró que la CVF de los trabajadores en la empresa minera, es mayor en 6.65 % y la CVF1 es mayor en 2.76 %.

La capacidad pulmonar de los trabajadores en estudio es mayor, los factores de altitud y menor presión barométrica hacen de que los habitantes de zonas de altura se encuentren adaptados a estas condiciones ambientales, que inciden en la mayor capacidad torácica condicionando que los valores de espirometría sean mayores que otras poblaciones que viven en zonas de baja altitud.

Al comparar los resultados del estudio de espirometría de nuestros trabajadores con los trabajadores mexicanos que demandaban incapacidad: Pérez-Padilla <sup>(8)</sup> en el 2001, la CVF de los trabajadores de la empresa minera es mayor en 10.71 %, La VEF1 es mayor en 12.73%., la relación VEF1/CVF es mayor en 1.62 %.

Al observar y comparar nuestros resultados con los resultados en trabajadores colombianos no mineros a 2260 m.s.n.m. (Rojas et al <sup>(11)</sup> en el 2010), la CVF hallada por estos autores fue mayor en 1.90 %, la VEF1, fue mayor en 3.63%, y la relación VEF1/CVF, fue mayor en 4.08 %.

De igual manera al comparar nuestros resultados con el estudio realizado en el estado de Carabobo Venezuela el año 2002, a 667 m.s.n.m., que estudió a una población de 18 a 80 años, cuya edad promedio fue de 32.54 años, y talla de 1.71 m, que la CVF de nuestros trabajadores fue de 1.65% menor, también la VEF1 fue de 2.98 % menor. La relación VEF1/CVF: de nuestros trabajadores fue 1.01% menor, el PEF de nuestros trabajadores fue 7.4 % mayor. <sup>(23)</sup>

Se tiene que tener en cuenta que el promedio de edad de la población estudiada en Carabobo fue significativamente menor que el promedio de edad de nuestros trabajadores, de allí la explicación de por qué es que nuestros valores han sido algo menores, sin embargo, el PEF de nuestros trabajadores fue mayor en aproximadamente 29.11%, ello significa que nuestros trabajadores evidenciaron mayor fuerza muscular en el esfuerzo espiratorio.

Los resultados fueron discordantes con lo reportado por Meza García, et al <sup>(13)</sup> en el 2002. Se encontró que la función pulmonar en trabajadores de una mina de zinc, cobre y plata a 3,740 m.s.n.m. en Casapalca, la CVF fue mayor en 9.53%, la VEF1 fue mayor en 8.37 % y la relación del VEF1/CVF fue mayor en 1.51 %. Por el contrario, el PEF de nuestro estudio fue mayor en 21.61%.

Estas diferencias también contrastan nuestros resultados con otro estudio realizado en población minera; Cipriano <sup>(14)</sup> en el 2015; a una altura similar a la del estudio anterior, a 3730 m.s.n.m. en La Oroya, Perú. Los resultados de este estudio comparativamente, también fue mayor la CVF en 3.73%, la VEF1 fue mayor en 7.46% y la relación del VEF1/CVF fue mayor en 7.31 %. En este caso y también, por el contrario, el PEF de nuestro estudio fue mayor en 16.24%.

Por otro lado, si comparamos nuestros resultados con los resultados publicados por Valenzuela (2004), con población no minera a 4,105 m.s.n.m. en la ciudad de Junín se observa que la CVF fue mayor que nuestro estudio en 1.53 %, el VEF1 fue menor en 6.53 %. La relación VEF1/CVF fue menor en 10.03% comparado con nuestros resultados; cabe precisar que la población del estudio de Valenzuela fue de 20 a 40 años, a diferencia de nuestros trabajadores, fue de 20 a más de 60 años, que explicarían estos resultados. <sup>(5)</sup>

Cabe mencionar que los estudios realizados a más de 4,000 m.s.n.m. en población minera peruana, son escasos en la literatura siendo el siguiente reporte para observar y comparar con nuestros resultados el realizado a 4100 m.s.n.m. Mejía, C <sup>(29)</sup> en el 2017, con la CVF

hallada, mayor en 6.25 %, la VEF1, también fue mayor en 8.15%, y la relación VEF1/CVF, fue mayor en 4.76 %.

Se realizó asimismo la comparación de los resultados obtenidos con los valores espirométricos en población no minera entre 3259 a 3,442 m.s.n.m. por varios autores (Canaviri, 2018; Córdova, 2019; Jové, 2018) <sup>(25,26 y 27)</sup> encontrándose que, en todos los casos, nuestros valores de CVF, VEF1, VEF1/CVF fueron menores. Cabe mencionar que, en estos estudios, sin embargo, las poblaciones incluidas fueron menores a 40 años, o como en el caso de Jové en el 2018 <sup>(26)</sup> se incluyó a población residente. Por lo anterior es posible que se explique la discrepancia con los valores obtenidos en nuestro estudio.

En el análisis de correlación de Pearson de los valores espirométricos en varones, se obtuvieron valores de p significativos para con las variables edad y talla; así como se comprobó que las distribuciones de frecuencias de CVF y VEF no fueron normales; se obtuvieron modelos de regresión multilineal hallándose los coeficientes correspondientes. En todas las ecuaciones los coeficientes para talla fueron positivos y asimismo fueron negativos para con edad. Lo anterior también fue encontrado por Jové <sup>(26)</sup> en el 2018 con una población comprendida entre 20 y 70 años.

Los valores espirométricos de referencia que se utilizan en las evaluaciones médico-ocupacionales son obtenidos a partir de ecuaciones de regresión en los que el factor altitud no se incluye. Ello es distintivo en el caso específico de la minería peruana, dado que los centros mineros se encuentran principalmente incluidos en las zonas denominadas alto andinas. Por lo anterior, los valores obtenidos al ser comparados con los del nivel del mar; podría ser considerados como falsos negativos; así como en la actualidad no se cuenta con un consenso o estudio multicéntrico a diferentes altitudes y en población no expuesta a hipoxia hipobárica intermitente.

Por ello la comparación con valores poblacionales mineros requiere de ajustes con información no disponible como la evolución de la exposición ocupacional a noxas ambientales, historia clínica de tratamiento y evolución clínica en trabajadores.

León-Velarde <sup>(27)</sup> en 1993 en un estudio sobre la fisiología en trabajadores mineros de exposición a la altura permitió concluir que a partir de la quinta década de vida se produce como consecuencia de la disminución ventilatoria asociada a cambios mecánicos torácicos un incremento de la masa eritrocitaria de modo compensatorio. Lo anterior podría explicar la baja comparativa de nuestros valores dada la edad promedio de la población estudiada e incluso mantener la disminución con relación a la altitud.

Sin dejar de considerar la exposición a factores de riesgo químico tales como polvo conteniendo sílice libre y otros agentes químicos como gases de voladura, el tiempo de trabajo y las condiciones de los sistemas de ventilación del ambiente de trabajo y sobre todo de la calidad y patrón de uso de equipo de protección respiratoria; podría afectar crónicamente a las vías aéreas inferiores. Algunos estudios han propuesto establecer un punto de corte a partir de la cuarta década de vida.

Las limitaciones de este estudio fueron que no se ajustaron los datos a variables que influyen según literatura en los valores espirométricos, como tabaquismo o exposición a sílice, que podría relacionarse con alteraciones en la fisiología de vías aéreas inferiores.

La aclimatación a la altura ha sido estudiada especialmente en poblaciones residentes, así como los cambios respiratorios, hematológicos, cardiovasculares y endocrinos; sin embargo poco es conocido sobre la historia natural de la exposición combinada de noxas ambientales y ocupacionales en trabajadores mineros; de este modo, los cambios de volúmenes y flujos pulmonares, la relación volumen residual con la capacidad pulmonar total y la capacidad de difusión alveolo-arterial podrían evolucionar hacia la disminución funcional progresiva debido a cambios enzimáticos de tipo crónico.

En el caso de los trabajadores mineros la exposición es intermitente debido a las condiciones de los periodos de trabajo y de descanso en turnos que no son programados considerando el estado fisiológico pulmonar.

De otro lado, la influencia que tendría en la aclimatación, como recientemente se ha descrito con relación a cambios hormonales, hábitos alimentarios, tabaquismo, alcohol; podría afectar la capacidad ventilatoria final para los trabajadores mineros, sobre todo en condiciones de trabajo de alta demanda de esfuerzo físico, tal como ocurre en la mediana y pequeña minería peruana.

En el estudio no se identificó las variables espirométricas secundarias (FIVC; FEV1/VC; FEV6; FEV1/FEV6; 19FEP25; FEPP75; MVM) debido a que en los registros de las espirometrías no lo consignaron, tampoco se especifica de manera clara el tema de los hábitos (los ejercicios, si fuma cuantos cigarrillos fuma) lo cual representa un sesgo en la investigación.

## **IX. CONCLUSIONES**

1. Los patrones espirométricos de CVF, VEF1, VEF1/CVF\*100 y FEF 25%-75% en varones mineros correlacionan negativamente con la edad y positivamente con la talla. Comparativamente con población no minera a nivel del mar los valores fueron mayores (según NHANES III, Knudson, Mexicanoamericanos) en el rango etario de 41 a 50 años.
2. En las características sociodemográficas de los trabajadores varones los valores de rango de edad, nuestra muestra es comparable a los datos nacionales e internacionales; sin embargo, la proporción de obesidad fue mayor a otros estudios.
3. Con relación a las características ocupacionales por zonas de trabajo los valores espirométricos y las ocupaciones no mostraron una diferencia estadísticamente significativa. Comparativamente con mineros a 4,100 m.s.n.m. y en población no minera, menor de 40 años, también los valores hallados son menores.
4. En relación a los diagnósticos espirométricos el 97% resultó con un patrón espirométrico normal.

## **X. RECOMENDACIONES**

1. Es recomendable incorporar la variable altitud (m.s.n.m.) en las ecuaciones de predicción de valores espirométricos además de la edad y la talla en el análisis comparativo de población minera de varones y mujeres.
2. Diseñar estudios para determinar variables de mecánica respiratoria considerando sexo y edad en mayores 40 años por al menos 3 rangos de altitud por encima de 2,500 msnm; así como considerar puntos de corte para Índice de Masa Corporal para contribuir al ajuste de la variable sexo en las ecuaciones de predicción y criterios de valoración de capacidad física en los exámenes médicos ocupacionales.
3. Siendo el patrón de exposición de tipo intermitente y crónico, es recomendable realizar estudios multicéntricos que comparen las diferentes actividades de los trabajadores mineros y el tiempo de trabajo, para determinar según sus categorías ocupacionales las variables de la mecánica respiratoria de referencia en altitudes por encima de 2,500 m.s.n.m

## **XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Estadísticas. 2012. En Disponible en internet: [https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-vivienda/#urlwww.inei.gov.pe/estadísticas/índice\\_tematico/ocupación\\_y\\_vivienda/](https://www.inei.gov.pe/estadisticas/indice-tematico/ocupacion-vivienda/#urlwww.inei.gov.pe/estadísticas/índice_tematico/ocupación_y_vivienda/).
2. Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Publicaciones. 2019. Disponible en internet:[http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=615www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/mineria/publicaciones/variables/2014/boletinreporte.pdf](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=615www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/mineria/publicaciones/variables/2014/boletinreporte.pdf)
3. Enright P., Beck C. and Sherrill L.; Repeatability of Spirometry in 18 000 Adult Patients. Am. J. Resp. and Crit. Care Med. 2004;169: 235 – 238.
4. Pérez-Padilla R., Wehrmeister C., Celli R., López-Varela V., Montes de Oca M., Muiño A., Telamo C., Jardim P., Valdivia G., Lisboa C., Menezes B.; for the PLATINO team. Reliability of FEV1/FEV6 to Diagnose Airflow Obstruction compared with FEV1/FVC: The Platino longitudinal study. Issue 2013, (8): 01-07.
5. Valenzuela M, Ramos E.; “Medición de la Capacidad vital forzada por espirometría en habitantes adultos naturales de Junín (4,105 m.s.n.m)”. Revista de la Sociedad Peruana de Neumología 2004; 48, 2.
6. Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2019). Perú: Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento, 2007-

2018. Disponible en internet:[https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1678/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1678/libro.pdf).
7. Díez, A, (2010), Neumólogo. Gabinete Médico López Gómez, Valladolid., recuperado de <https://studylib.es/doc/105149/espirometr%C3%ADa.-valores-de-referencia>.
  8. Pérez-Padilla, J. R., Regalado-Pineda, J., & Vázquez-García, J. C. Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales. *salud pública de México*. 2001; 43, 113-121.
  9. Vázquez-García, J. C., & Pérez-Padilla, J. Manual para el uso y la interpretación de la espirometría por el médico. Asociación Latinoamericana del Tórax, 2007. 76.
  10. Lefrancois R, Gautier H, Pasquis P. Mecánica Ventilatoria en el Hombre habitante de Altura. *Salud pública.bvsp.prg.bo*.
  11. Rojas MX, Dennis RT, Valores de Referencia para parámetros de espirometría en la población adulta residente en Bogotá D.C; Colombia. *Biomédica* 2010; 30; 82-94.
  12. Rodríguez C, Sossa MP, Falla S. Valores de referencia de espirometría en niños y adolescentes sanos en la ciudad de Bogotá. *Revista Colombiana de Neumología*; 2005; 17(3); 152-163.
  13. Meza, M.; Accinelli, R.; Campos, J. Mendoza, Daniel; “Función pulmonar trabajadores de una mina de Zinc, Cobre y Plata a 4200 msnm en Casapalca, Perú, impacto del uso del broncodilatador y del tiempo de trabajo en la

- mina”. Enfermedades del tórax, Revista de la Sociedad Peruana de Neumología. 2002; 45, 33-39.
14. Cipriano, J. S. Capacidad ventilatoria forzada en trabajadores de una empresa metalúrgica en la región central del Perú 2015.
  15. Universidad de Cantabria [sede web] España. [acceso el 21 de marzo del 2014]. Fisiología de Aparato Respiratorio, Mecánica Respiratoria. Disponible en internet: [Http://ocw.unicam.es/ciencias\\_de\\_la\\_salud/fisiologia\\_humana\\_2011\\_936711material\\_de\\_clase/bloque\\_tematico\\_3\\_fisiologia\\_del\\_aparato/tema\\_2\\_mecanica\\_respiratoria/mecanica\\_respiratoria.pdf](http://ocw.unicam.es/ciencias_de_la_salud/fisiologia_humana_2011_936711material_de_clase/bloque_tematico_3_fisiologia_del_aparato/tema_2_mecanica_respiratoria/mecanica_respiratoria.pdf).
  16. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, Espirometría: Manual de procedimientos. 2006. Rev. Chilena Enfermedades Respiratorias, 2007; 23; 31-42.
  17. Asociación Latinoamericana de Tórax (ALAT), Manual de entrenamiento en espirometría, Asociación Latinoamericana de Tórax (ALAT). Febrero 2008.
  18. Giner J., Mecánica Respiratoria 1. [Monografía en internet], 2010 [acceso 20 de marzo del 2014]. Disponible en internet: [www.sanitaria2000.com/pdfs/mecanica\\_respiratoria\\_1\\_pdf](http://www.sanitaria2000.com/pdfs/mecanica_respiratoria_1_pdf).
  19. Velásquez E., Che. L, Cortéz A.; “Espirometría como herramienta en la detección de alteraciones en la función respiratoria”. Reporte del día Mundial de la Espirometría. Evid. Med. Invest. Salud 2012; 5(4): 124-130.

20. De Luca P, Rodríguez JM, López S, Mecánica Respiratoria 2. [Monografía en internet], 2010 [acceso 20 de marzo del 2014]. Disponible en internet: [www.sanitaria2000.com/pdfs/mecanica\\_respiratoria\\_2\\_pdf](http://www.sanitaria2000.com/pdfs/mecanica_respiratoria_2_pdf).
21. De Luca P, Marañón G, Patrones Diagnósticos Espirométricos. [Monografía en internet], Madrid 2012 [acceso 22 de marzo del 2014]. Disponible en internet: [www.med.uva.es/\\_biofis/fisio/respiratoria/resp2012/patrones\\_diagnosticos\\_espirometria.pdf](http://www.med.uva.es/_biofis/fisio/respiratoria/resp2012/patrones_diagnosticos_espirometria.pdf).
22. Minguez A. Sistema respiratorio y altura; actividad física y enfermedades respiratorias. Revista Digital. Buenos Aires. Año 7 N° 42 – noviembre 2001. [http// www.efdeportes.com/ef42/altura.htm](http://www.efdeportes.com/ef42/altura.htm).
23. Lastra, J. R., Thielen, V., Vanessa Thielen, M. S. P., Soto, M., Uzcátegui, M. N., Uzcátegui, M. N. Valores espirométricos de referencia para la población adulta alores espirométricos de referencia para la población adulta aparentemente sana del Estado Carabobo. 2004. Salus, 8(2).
24. Canaviri, V. M., Canaviri-Mauricio, H. Determination and comparison of pulmonary volumes between populations living at the sea level and more than 3000 msnm. Revista de la Facultad de Medicina Humana. 2018; 18(3).
25. Córdova, E. Capacidad vital forzada y volumen espiratorio forzado en el primer segundo en habitantes adultos del distrito y provincia de Chupaca, departamento de Junín [Tesis]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Unidad de Posgrado; 2019.
26. Jové, O. R. L., Arce, S. C., Chávez, R. W., Alaniz, A., Lancellotti, D., Chiapella, M. N., Sala, H. L. Spirometry reference values for an andean

- high-altitude population. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 2018, 247: 133-139.
27. León-Velarde, F., Arregui, A., Monge, C., Ruiz, H. R. Aging at high altitudes and the risk of chronic mountain sickness. *Journal of Wilderness Medicine*, 1993; 4(2), 183-188.
28. Velásquez, C. F., Palomino, J. C., & Ticse, R. Relación entre el estado nutricional y los grados de ausentismo laboral en trabajadores de dos empresas peruanas. *Acta Médica Peruana*. 2017; 34(1): 6-15.
29. Mejía, C. R., Quiñones-Laveriano, D. M., Gomero, R., & Pérez-Pérez, L. Cambios en la hemoglobina (Hb) de trabajadores mineros expuestos a gran altura y factores asociados. *Gaceta médica de México*. 2017; 153(2): 166-172.
30. Lamprecht B., Schirnhofer L., Tiefenbacher F., Kaiser B., Buist A., Studnicka M., and Enright P.; Six – Second Spirometry for detection of Airway Obstruction. A population- based study in Austria. *AM. J. Resp. and Crit. Care Med*. 2007; 176: 460-464.
31. American College of Occupational and Environmental Medicine. Spirometry in the occupational setting. *J Occup Environ Med* 2000; 42: 228–245.
32. American College of Occupational and Environmental Medicine, Occupational and Environmental Lung Disorder Committee. Position Statement: spirometry in the occupational health setting—2010 update. Evaluating results over time. Elk Grove Village, IL, USA: ACOEM.

33. Mejía, C. R., Cárdenas, M., Cáceres, J., Verastegui-Díaz, A., Vera, A., & Gomero-Cuadra, R. Factores asociados a la variación de valores espirométricos en trabajadores a gran altura. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 2020; 29, (1): 34-41.
34. Canaviri-Mauricio, V.; Canaviri-Mauricio, H. Determinación y comparación de los volúmenes pulmonares entre las poblaciones que viven a nivel del mar ya más de 3000 msnm. *Rev. Fac. Med. Hum.* 2018; 18, (3):52-56.



## **XII. ANEXOS**

Anexo 1. PATRONES DIAGNÓSTICOS EN LA ESPIROMETRIA

Anexo 2. CALIBRACION, PREPARACION DEL PACIENTE y  
PROCEDIMIENTO DE LA ESPIROMETRIA.

Anexo 3. PUESTOS DE TRABAJO DE OPERARIOS 1 y 2

## **ANEXO 1**

### **CALIBRACION, PREPARACION DEL PACIENTE y PROCEDIMIENTO DE LA ESPIROMETRIA**

#### 1.- La calibración

La calibración es el punto más importante al realizar la espirometría. Debe contarse siempre con un estándar físico como una jeringa con un volumen ya conocido. Por más que el equipo cuente con el sistema de auto calibración, aun así, debe este sistema ser comparada con la medición con una jeringa. Este hecho puede ser cierto, pero nunca hay que perder de vista que estamos trabajando con aparatos de medición, lo que precisa de garantías sobre la corrección de las mediciones. Así, pues, el primer paso será establecer una correlación entre lo que se mide y lo que se debe medir. Lo realizaremos utilizando una jeringa de no menos de 3 litros. Esta medición se realizará diariamente, al inicio de la jornada de trabajo, antes de comenzar las maniobras con los pacientes. Se realizarán tres emboladas de la jeringa a distintos flujos: alto, medio y bajo. Además de esta calibración diaria realizaremos otra cada 15-30 días, dependiendo de la cantidad de espirometrías que se realicen, con una persona patrón (sana y no fumadora), de la que se conocerán los resultados espirométricos y nos servirá como control ante el posible mal funcionamiento del equipo. <sup>(20,19)</sup>

## 2.- Preparación del paciente

En este apartado deberemos tener en cuenta las indicaciones que deberá seguir el paciente para la realización de la prueba y los aspectos técnicos de la maniobra espirométrica. El paciente debe llegar habiéndose abstenido de:

- fumar, al menos en las 24 horas previas.
- una comida abundante en las 2-3 horas previas.
- bebidas estimulantes como café, té, cola, etc.
- ejercicio vigoroso al menos 30 minutos antes.
- fármacos broncodilatadores\*; en caso contrario debe avisar y anotarse junto al resultado.
- llevar ropas ajustadas que dificulten la respiración, como fajas, cinturones, etc.

Aspectos técnicos: Se anotará la fecha de nacimiento o la edad en años, la altura en centímetros con el paciente descalzo, el cuerpo estirado y la cabeza erguida, y el peso en kilogramos con ropa ligera. En los pacientes que presenten deformidades torácicas o con defectos importantes en las extremidades inferiores, la talla puede sustituirse por la envergadura, obtenida midiendo la distancia máxima entre las puntas de los dedos mayores, tras colocar los brazos extendidos en cruz. En este caso debe anotarse claramente junto a los resultados. Finalmente, y antes de empezar las maniobras, deberá preguntarse al paciente sobre enfermedades infecciosas (tuberculosis pulmonar, hepatitis o VIH+), en cuyo caso deberá utilizarse filtros. (20, 31, 19)

### 3.- Procedimiento de la espirometría

- Se explicará al paciente en que consiste la prueba que va a realizar, pidiéndole un esfuerzo máximo durante la maniobra y que no deberá detener hasta que se le indique.

- Deberá estar sentado, con la espalda recta y la nariz tapada con unas pinzas. No deberá cruzar las piernas.

- El técnico deberá vigilar que durante la realización de las maniobras espiratorias no curve el tórax hacia delante, para ello puede colocar la mano sobre su hombro.

(16, 20, 19)

Las instrucciones para la realización de la maniobra se detallan seguidamente:

1. Coja todo el aire que pueda (inspiración máxima).
2. Póngase la boquilla en la boca (mordiéndola suavemente y sin obstruirla con la lengua).
3. Sople fuerte y seguido, sin parar, aunque le parezca que no le queda aire.
4. Coja todo el aire que pueda, hasta llenar al máximo los pulmones (en caso que se mida la maniobra inspiratoria).

Durante su realización el técnico deberá estar atento tanto al paciente como a la gráfica de la maniobra, para poder detener la espirometría en el caso de error. Una vez finalizada, cada maniobra se inspeccionará, prestando atención al inicio, el transcurso y la finalización. (16,20,19)

- Características de las maniobras

Las características que deberá cumplir el inicio de la maniobra son:

- Rápida, brusca y sin vacilaciones.

- Volumen extrapolado inferior o igual a 150 ml ó 5% de la FVC, el mayor de los dos criterios. <sup>(16, 20, 5, 19)</sup>

En general el volumen extrapolado es difícil de calcular, pero es uno de los parámetros que el equipo debe proporcionar.

- La representación gráfica de la maniobra deberá describir una curva cóncava continua, sin muescas ni artefactos.

- La finalización de la maniobra no debe ser brusca, debe ser suave. Debemos intentar que, como mínimo, el tiempo de la espiración sea de 6 seg. Este criterio es difícil de cumplir en gente joven, aunque no por incumplido deberá desecharse la maniobra. El criterio de finalización correcto requiere que el flujo acumulado en el último segundo sea inferior a 30ml. <sup>(16, 20, 5, 19)</sup>

- Número de maniobras. Una vez obtenida la maniobra y habiendo decidido si la aceptamos como válida deberemos realizar una segunda y tercera, como mínimo, hasta obtener dos maniobras técnicamente aceptables en las que la FVC y el FEV1 no difieran en más de 150 ml. El número de maniobras a realizar no será mayor de 8, ya que con más sólo conseguiremos cansar al paciente y difícilmente obtendremos mejores resultados. De las dos maniobras aceptables escogeremos la mejor FVC y el mejor FEV1, independientemente de la maniobra en la que se hayan

obtenido. El resto de parámetros de volumen y flujo, los obtendremos de la maniobra que tenga mejor suma de la FVC y FEV1.

Ante errores en las maniobras de reproducibilidad una sugerencia útil sería que junto a la interpretación de los resultados se clasificara las maniobras obtenidas, así, por ejemplo:

- A) Maniobra aceptable y reproducible.
- B) Mejores valores obtenidos de maniobra no aceptable.
- C) Maniobras aceptables, pero no reproducibles.
- D) Maniobras no aceptables ni reproducibles.

Esta información serviría de apoyo y precaución a la interpretación de las maniobras espirométricas.

## ANEXO 2

### PATRONES DIAGNÓSTICOS EN LA ESPIROMETRIA

#### 1. - Patrón espirométrico obstructivo

La limitación ventilatoria obstructiva se caracteriza por la afectación de las tasas de volumen-tiempo de los flujos espiratorios y de las relaciones volumen/flujo, encontrándose normales o escasamente alterados los volúmenes pulmonares. <sup>(22)</sup>

Comportamiento de volúmenes y flujos. - En la limitación ventilatoria obstructiva característicamente existe:

- FEV1 disminuido
- PEF reducido, o normal.
- MMEF, MEF50 Y MEF 25 reducidos.
- VC normal o ligeramente reducida
- FVC moderadamente reducida.
- FVC/FVC reducida, por debajo del 70%. <sup>(22)</sup>

El valor del FEV1 resulta fundamental no solo para establecer el diagnóstico sino también para establecer el grado de severidad de la enfermedad. Existen sin embargo algunas discordancias en la clasificación de la enfermedad reconocida por las distintas sociedades científicas. <sup>(22)</sup>

Entidades nosológicas. - Dentro de las vías aéreas hay que considerar: la EPOC, el asma bronquial, la enfermedad de pequeñas vías y las bronquiolitis. Entre las enfermedades granulomatosas, la sarcoidosis y, sobre todo la histiocitosis X suele

cursas con limitación ventilatoria obstructiva. En cuanto a otras enfermedades intersticiales, la obstrucción severa al flujo aéreo es característica de la linfangioleiomiomatosis pulmonar. <sup>(22)</sup>

## 2. - Patrón espirométrico restrictivo

La limitación ventilatoria restrictiva se caracteriza por la reducción de los volúmenes pulmonares, mientras que las tasas de volumen-tiempo de los flujos espiratorios las relaciones volumen/flujo pueden encontrarse no solo normales sino incluso elevadas. <sup>(22)</sup> Comportamiento de volúmenes y flujos. - En la limitación ventilatoria restrictiva encontramos:

- VC disminuida
- FVC disminuida.
- FEV1 normal, aumentado, o ligeramente disminuido
- PEF normal, elevado o ligeramente disminuida.
- MMEF, MEF50 Y MEF 25 elevados (o ligeramente disminuidos)
- FVC/FVC superior al 75% e incluso en torno al 90%. <sup>(22)</sup>

Entidades nosológicas. - Dentro de las enfermedades que cursan con limitación ventilatoria restrictiva hemos de distinguir tres grupos:

- Enfermedad restrictiva por afectación parenquimatosa pulmonar: fibrosis pulmonar idiopática, enfermedades por inhalación de polvos orgánicos e inorgánicos, (aunque ya hemos dicho que en estas se puede asociar obstrucción al flujo aéreo, al igual que en la sarcoidosis), enfermedad pulmonar secundaria a

medicamentos o a radioterapia, sarcoidosis, enfermedades del colágeno, amiloidosis, proteinosis alveolar, etc. <sup>(22)</sup>

- Enfermedad restrictiva por afectación de la caja torácica o enfermedad neuromuscular: fibrotorax, cifosis, escoliosis, espondilitis anquilopoyética, distrofias musculares, afectaciones del diafragma, miastenia gravis, ELA. <sup>(22)</sup>

- Mientras que el patrón ventilatorio que hemos descrito caracteriza a la enfermedad restrictiva parenquimatosa, en el caso de la limitación ventilatoria restrictiva extraparenquimatosa existen algunas desviaciones. Así, en las enfermedades esqueléticas, la morfología de la curva puede ser normal y los flujos no se elevan. En la enfermedad neuromuscular la curva es redondeada por disminución selectiva del PEF. La diferenciación de los distintos procesos será establecida por el resto de exploraciones de la mecánica ventilatoria. <sup>(22)</sup>

### ANEXO 3

#### CUADRO DE AGRUPACION DE PUESTO DE TRABAJO

#### OPERARIO 1 y 2

<b>AGRUPACION DE OPERARIO 1 Y 2</b>	
<b>Puesto agrupado</b>	<b>Puesto de trabajo original</b>
<b>Operario 1</b>	Operario general, operario I, operario de ventilación, operario 1, operario guardián taza, operador en general, operario tomero, operario tacero
<b>Operario 2</b>	Capataz, filtrero, motorista, chancador, electricista, almacenero, mecánico, topógrafo, flotador, palero, disparador, soldador, pesador, maestro muestrero, balancero, reactivista, relavero, auxiliar de almacén, molinero, compresorista de mina