

081056  
FJ. 4

T  
412.2  
C166F  
1964  
F. Med.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE MEDICINA

**FUNCION PULMONAR EN UN LOTE DE  
POBLACION SANA DEL PAIS**

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR

**NAPOLEON EUGENIO CARDENAS ARAGON**

PREVIA OPCION AL TITULO DE

**DOCTOR EN MEDICINA**

OCTUBRE DE 1964

SAN SALVADOR

EL SALVADOR

CENTRO AMERICA





U N I V E R S I D A D     D E     E L     S A L V A D O R

RECTOR:

*Dr. Fabio Castillo Figueroa*

SECRETARIO GENERAL:

*Dr. Mario Flores Macall*

F A C U L T A D     D E     M E D I C I N A

DECANO:

*Dr. José Vicente Arévalo*

SECRETARIO:

*Dr. Alberto Morales Rodríguez*

*JURADOS QUE PRACTICARON  
LOS EXAMENES PRIVADOS DE DOCTORAMIENTO*

*CLINICA OBSTETRICA:*

*Presidente: Dr. Antonio Lazo Guerra  
Primer Vocal: Dr. Ricardo Jaimes Burgos  
Segundo Vocal: Dr. Antonio Mateu Llorc*

*CLINICA MEDICA:*

*Presidente: Dr. Luis Edmundo Vásquez  
Primer Vocal: Dr. Ricardo Salvador Quezada  
Segundo Vocal: Dra. Adela Cabezas de Allwood*

*CLINICA QUIRURGICA:*

*Presidente: Dr. Carlos Gonzalez Bonilla  
Primer Vocal: Dr. Fernando Alvarado Piza  
Segundo Vocal: Dr. Nasif Juan Hasbún*

*JURADO DE TESIS  
Y DOCTORAMIENTO PUBLICO*

*Presidente : Dra. María Isabel Rodríguez*  
*Primer Vocal: Dr. Honorio Guillermo Aquino*  
*Segundo Vocal: Dr. Fernando Villalobos*

DEDICATORIA:

*A Dios Todopoderoso*

*Con humildad y devoción*

*A mis Padres:*

*Eugenio Cárdenas*

*Emilia A. de Cárdenas*

*Con inmenso amor.*

A G R A D E C I M I E N T O S

*Al Departamento de Fisiología de la Escuela de Medicina,  
a su personal técnico y especialmente a la  
Dra. María Isabel Rodríguez y Dra. Alicia Rivera*

*Al Ingeniero Alirio Américo Bernal*

*Al Ministerio de Defensa, especialmente al  
Coronel Marco Aurelio Zacapa*

## I N T R O D U C C I O N

Los avances logrados en diversos campos de la investigación básica médica, proporcionan constantemente un sinnúmero de recursos y técnicas de valiosa ayuda para el estudio de las diversas entidades clínicas. Así es como vemos aparecer cada día nuevos métodos de laboratorio, nuevas técnicas quirúrgicas, nuevos planteamientos terapéuticos y como se perfeccionan los métodos antiguos.

Uno de los campos mejor estudiados en los últimos años ha sido el de la función pulmonar, en forma que el intenso trabajo realizado en esta área ha puesto en manos, tanto del médico como del cirujano torácico, los procedimientos necesarios para una valoración racional de su paciente.

Un excelente material bibliográfico permite al interesado en estos campos familiarizarse con el estudio de la fisiología respiratoria, pero posiblemente continuará siendo por muchos años la obra clásica de consulta la excelente monografía de Julius H. Comroe: *El Pulmón*.<sup>4</sup>

En nuestro medio, desde hace algún tiempo, el estudiante de medicina y un pequeño sector de nuestra población médica se viene familiarizando con las pruebas de función pulmonar, su utilidad en el diagnóstico del paciente cardiopulmonar, así como su valor en la evolución del paciente quirúrgico torácico. No hay duda que este importante campo de la medicina no ha recibido entre nosotros toda la atención que por su importancia merece. --

Esto es debido, sobre todo, a la falta de laboratorios en los cuales puedan llevarse a cabo estos procedimientos especializados, y de consiguiente, la dificultad en el uso y valoración de los datos obtenidos con estas exploraciones. Uno de los objetivos de esta tesis ha sido contribuir a generalizar el interés por estos estudios que podrían realizarse con mas frecuencia.

Se sabe que muchos de los valores considerados como normales - para el estudio de la función respiratoria, varían ampliamente dependiendo de la edad, sexo, biotipo, ocupación, etc. así como de la altura geográfica y otras condiciones climatológicas del lugar en que se han realizado estas determinaciones. De allí que en muchas ocasiones, valores obtenidos en un sujeto normal puedan resultar muy bajos o anormales para otro individuo normal sometido a diferentes condiciones. Es por ello que en ésta como en otras áreas se vuelve imprescindible realizar nuestras propias investigaciones en individuos normales, a fin de establecer nuestros patrones comparativos de valores normales promedios. Este ha sido otro de los objetivos que se pretende cubrir con esta tesis. Como primer paso al conocimiento de la función respiratoria en el salvadoreño normal se decidió realizar este estudio en un lote de la población sana, estudio que puede servir de base para futuras investigaciones en distintos grupos representativos de nuestra población.

#### DEFINICIONES Y CONCEPTOS UTILIZADOS EN EL CURSO DEL TRABAJO

Se consideró conveniente incluir en esta tesis una breve revisión sobre los conceptos fundamentales y su importancia en la clínica



nica, con el objeto de que fuesen mas fácilmente utilizados los resultados de este estudio. A manera de introducción se incluyen los conceptos siguientes:

FUNCION PULMONAR:

El objetivo primordial de la función pulmonar es el intercambio gaseoso fundamentalmente a nivel celular, permitiendo así un adecuado aporte de oxígeno hacia el interior y eliminación de uno de los productos finales del metabolismo celular, el anhídrico carbónico.

a) Para fines didácticos se ha dividido la función respiratoria en estas fases:<sup>(15)</sup>

1. Ventilación: comprende el estudio de los volúmenes pulmonares, volumen minuto, espacio muerto, ventilación alveolar, distribución del aire inspirado y de la mecánica respiratoria.
2. Difusión: estudio del paso del oxígeno y anhídrico carbónico a través de la barrera fisiológica alvéolo capilar.
3. Flujo Capilar Pulmonar: se incluye en esta fase el conocimiento de volumen y distribución de la perfusión sanguínea capilar pulmonar.
4. Transporte de oxígeno y anhídrico carbónico; mecanismo reguladores.

VOLUMENES PULMONARES:

Son mediciones anatómicas. Por sí solas no dan el diagnóstico

ni demuestran insuficiencia pulmonar. Pueden alterarse en los defectos ventilatorios restrictivos y obstructivos.

Para facilitar la descripción, el aire de los pulmones se ha subdividido en cuatro volúmenes y cuatro capacidades que son las siguientes: (9)

#### Volúmenes

- 1o. Volumen corriente (VC):<sup>13</sup> es el volumen del aire inspirado y espirado durante cada ciclo respiratorio.
- 2o. Volumen de reserva inspiratoria (VIR): es el volumen extra de aire que puede ser inspirado sobre el volumen corriente normal.
- 3o. Volumen de reserva espiratoria (VER): es el aire que puede ser espirado en espiración forzada después del final de una espiración normal.
- 4o. Volumen residual (VR): es el volumen de aire remanente en los pulmones después de una espiración forzada.

Estos cuatro volúmenes sumados, igualan el volumen máximo de la expansión pulmonar.

#### Capacidades:

Son valores para los cuales a veces es conveniente tomar en cuenta dos o más volúmenes.

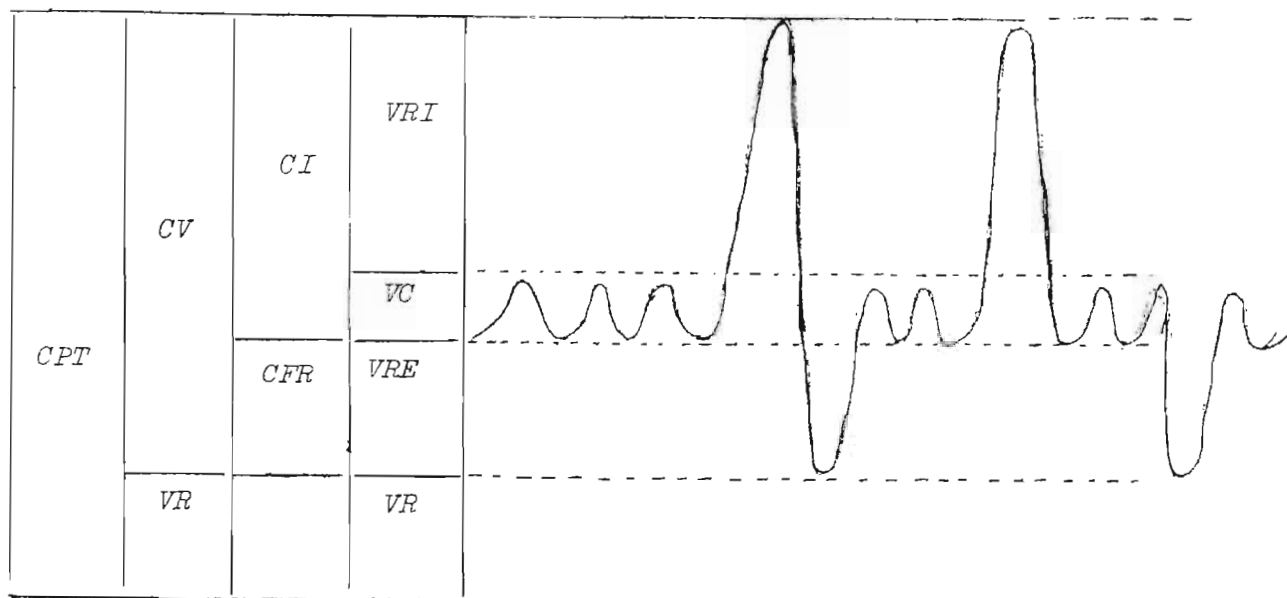
- 1o. Capacidad inspiratoria (CI): equivale al volumen de aire corriente más el volumen de reserva inspiratoria y se define como la cantidad máxima de aire que una persona pueda introducir en los pulmones después de una ins

piración normal.

20. *Capacidad vital (CV): equivale a la suma de volúmenes de reserva inspiratoria, volumen corriente y volumen de reserva espiratoria y se define como la mayor cantidad de aire que puede expe*  
*larse después de una inspiración forzada.*

30. *Capacidad funcional residual (CFR): equivale a la suma de volu-*  
*men de reserva espiratoria y volumen residual y se define como*  
*la cantidad de aire que permanece en los pulmones al final de*  
*una espiración normal.*

40. *Capacidad pulmonar total (CPT): equivale al volumen de reserva*  
*inspiratoria, más el volumen de ventilación o aire corriente,*  
*más el volumen de reserva espiratoria, más el volumen residual;*  
*en otras palabras es el volumen máximo que los pulmones pueden*  
*alcanzar con el máximo esfuerzo inspiratorio posible.*



Volúmenes Pulmonares - (Modificado de Comroe) <sup>4</sup>

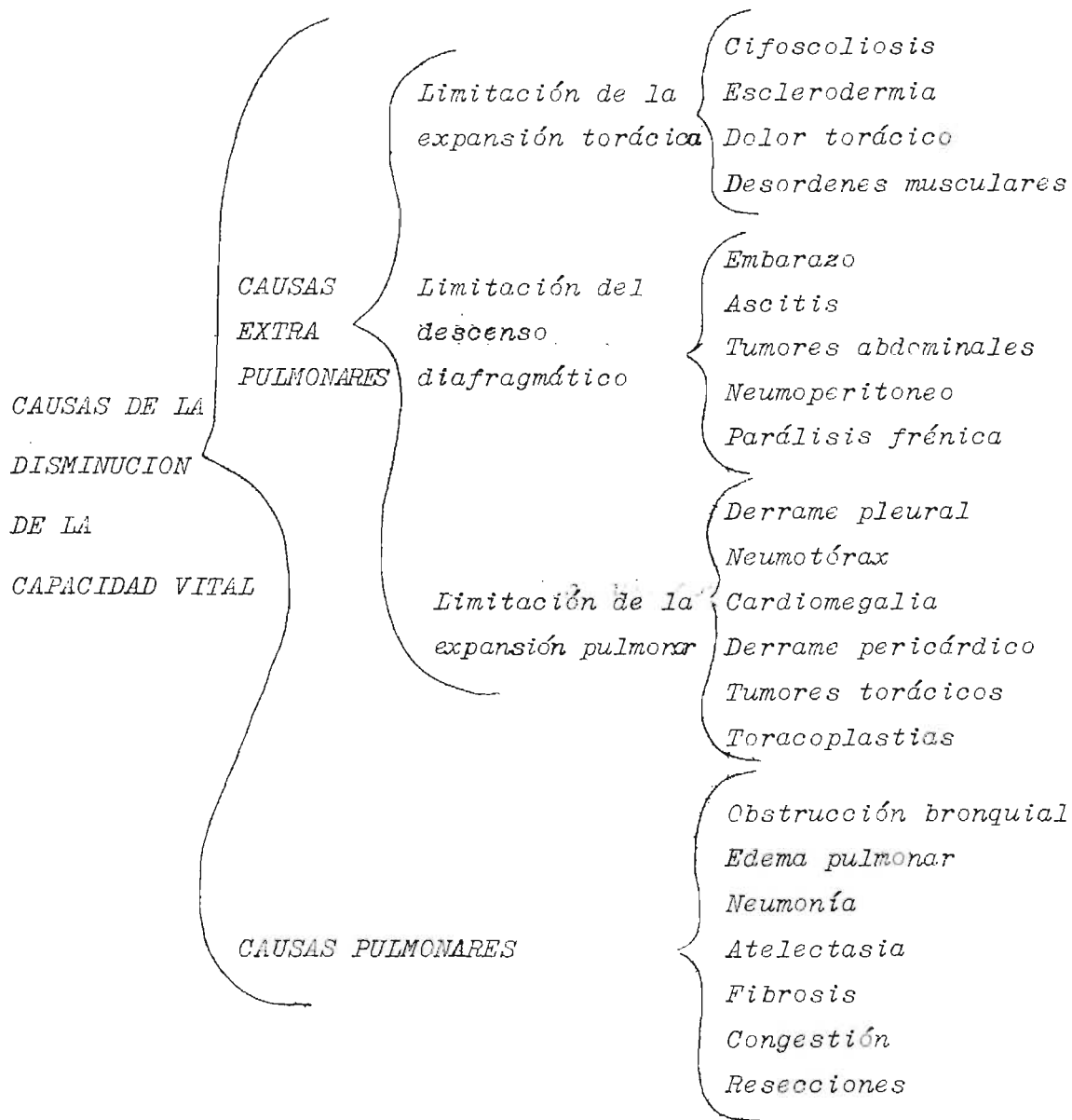
ESTUDIO DE LA CAPACIDAD VITAL<sup>(4)</sup>

Los valores normales de la CV varían con la edad, sexo, peso, estatura; también con la posición del sujeto durante la realización de la prueba y con el grado de colaboración que preste el individuo explorado.

Debido a esta variabilidad, los valores de la CV se expresan en su valor absoluto en centímetros cúbicos y en forma de porcentaje de una cifra teórica calculada de acuerdo con la edad y estatura de cada sujeto, mediante fórmulas especiales.

Los autores americanos<sup>(14)</sup> consideran patológica toda disminución de la CV por abajo del 80% de su cifra teórica y si se tienen determinaciones anteriores, cuando la medicación actual es inferior a la presente en 200 ml. Por el contrario, los autores mexicanos<sup>(15)</sup> consideran significativo toda disminución de la CV por abajo de 100% de su respectivo valor teórico, y se interpreta como un defecto restrictivo de la ventilación pulmonar. Se considera como valor normal de capacidad vital (CV) 4.800 ml.

Las causas de disminución de la CV son las siguientes:



Del cuadro se deduce que la disminución de la CV aisladamente no tiene valor para el diagnóstico de una entidad nosológica ni puede - afirmar la existencia de insuficiencia respiratoria, ya que puede encontrarse alterada en gran variedad de procesos. De allí que al igual que en otros aspectos médicos un dato de laboratorio aislado nunca po

drá prestar gran ayuda si no es interpretado a la luz de una adecuada historia y valoración clínica del caso.

#### CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA

En esta determinación se toma en cuenta no solo el volumen de aire alcanzado, sino la velocidad con que este es movilizado por el pulmón. El factor tiempo está en relación con el flujo aéreo por las vías respiratorias, principalmente. Normalmente se debe expulsar el 83% de la CV en el primer segundo de la espiración, el 94% y el 97% de la CV actual en los dos segundos siguientes, respectivamente. La reducción de la CV cronometrada indica obstrucción de las vías aéreas y se puede determinar antes y después del uso de broncodilatadores<sup>(11)</sup> para saber si el obstáculo al flujo aéreo es funcional u orgánico. En la restricción pura la CV está reducida, pero se moviliza correctamente en el tiempo.

#### CAPACIDAD FUNCIONAL RESIDUAL Y VOLUMEN RESIDUAL

En nuestras determinaciones hemos seguido la técnica del "lavado de N<sub>2</sub>"<sup>6</sup>, en un dispositivo de circuito abierto: el sujeto inspira O<sub>2</sub> 100 % y espira en la campana de un gasómetro de Tissot, durante 7 minutos. El principio es el siguiente: si logramos pasar todo el N<sub>2</sub> del pulmón al gasómetro, podemos saber cuanto N<sub>2</sub> había en el pulmón al comenzar la colección del gas en el aparato de Tissot; si tenemos en cuenta que el N<sub>2</sub> representa el 80% de la composición total del aire que existía en el

pulmón al iniciar la prueba, nos es posible calcular el volumen total de gas o sea el 100 %. La prueba se inicia al fin de una espiración normal, si se desea determinar la capacidad funcional residual; en cambio, se le empieza al termino de una espiración forzada para obtener el VR. Los valores obtenidos se expresan en centímetros cúbicos y en porcentaje de los valores teóricos establecidos por fórmulas convencionales. Las causas de aumento y disminución del VR aparecen en el cuadro siguiente:

	<i>Enfisema</i>
	<i>Obstrucción bronquial</i>
<i>AUMENTO DEL</i>	<i>espiratoria (asma)</i>
<i>VOLUMEN RESIDUAL</i>	<i>Cifoscoliosis</i>
	<i>Sobredistención después</i>
	<i>de las resecciones</i>
	<i>Fibrosis pulmonar</i>
	<i>Neumotórax</i>
<i>DISMINUCION</i>	<i>Hidrotórax</i>
<i>DEL VOLUMEN</i>	<i>Neumoperitoneo</i>
<i>RESIDUAL</i>	<i>Ascitis</i>
	<i>Embarazo</i>
	<i>Toracoplastia</i>

*CAPACIDAD PULMONAR TOTAL*

Se obtiene sumando la CV y el VR. Se expresa en centímetros cúbicos y en porcentaje de su valor teórico obtenido por fórmulas especiales. Puede disminuir en las enfermedades pulmonares - difusas, en las compresiones pulmonares y en todas las causas de

limitación de expansión torácica ya enumeradas.

Por lo anteriormente señalado ocurre que: los volúmenes pulmonares tienen amplias variaciones; son útiles sobre todo en estudios seriados permitiendo así valorar la evolución y grado de la insuficiencia respiratoria ya comprobada, proporcionándonos una objetiva guía terapéutica.

#### CAPACIDAD RESPIRATORIA MAXIMA

Es el mayor volumen de gas que puede ser respirado voluntariamente en un minuto.

Para medir la capacidad respiratoria máxima (CRM), el sujeto respira lo más rápido y profundamente que puede, a través de un espirometro de baja resistencia al flujo aéreo, durante 15 - segundos. Los resultados se expresan por litros por minuto. La CRM no es, en realidad una reserva ventilatoria de la que se puede disponer en caso de necesidad, ya que es un ejercicio exhaustivo que no puede mantener un sujeto por más de unos minutos. Siendo una prueba exhaustiva tiene contra indicación formal para realizarse en pacientes con hemoptisis recientes, enfermedad aguda o mal estado general.

La CRM informa, en general, sobre la mecánica respiratoria, pero no indica el estado particular de los componentes de ella: fuerza muscular, elasticidad toracopulmonar y permeabilidad de vías aéreas.

Los autores americanos <sup>(4)</sup> consideran que la reducción de



los valores de la CRM en un veinte a treinta por ciento de su valor teórico son importantes. Los mexicanos <sup>(15)</sup> consideran patológica toda disminución por debajo del 100% de su respectivo valor teórico.

Los padecimientos que causan disminución de los valores de la CRM aparecen a continuación:

<i>INMOVILIDAD ESQUELÉTICA</i>	<i>Cifoscoliosis</i>
	<i>Espondilitis</i>
<i>DEBILIDAD MUSCULAR</i>	<i>Poliomielitis</i>
<i>RESPIRATORIA</i>	<i>Miastenia gravis</i>
<i>OBSTRUCCION DE VIAS</i>	<i>Asma</i>
<i>AEREAS</i>	<i>Enfisema</i>
	<i>Bronquitis</i>
<i>DISMINUCION DE LA</i>	<i>Fibrosis</i>
<i>ELASTICIDAD PULMONAR</i>	<i>Neumonía</i>
	<i>Atelectasia</i>
<i>COMPRESION PULMONAR</i>	<i>Hidrotorax</i>
	<i>Neumotorax</i>
<i>INCOORDINACION MUSCULAR</i>	<i>Poliomielitis</i>
<u><i>VENTILACION PULMONAR</i></u>	

Es el proceso fisiológico en el que, alternativamente, entra aire fresco en el tracto respiratorio durante la inspira--

ción y una cantidad del contenido gaseoso pulmonar es exhalada en la espiración.

### VOLUMEN MINUTO

Es la cantidad de gas ventilada en la unidad de tiempo, o también se puede definir como la cantidad de aire nuevo que entra en los pulmones por minuto, y equivale al volumen corriente por la frecuencia respiratoria. Para medirla el sujeto es conectado a un circuito abierto: inspira aire ambiente y colecta su aire - espirado en el interior de la campana del gasómetro de Tissot durante un minuto. Como el número de respiraciones, durante ese minuto, es registrado por un sistema de inscripción, se puede obtener el VC dividiendo el volumen minuto entre la frecuencia respiratoria.

Como el intercambio gaseoso ocurre solo en el alvéolo y no en las vías aéreas, interesa más conocer la ventilación alveolar, que es la cantidad de aire que, en cada minuto, llega al alveolo y participa en el intercambio gaseoso.

$$VA = (AC - EM) FR$$

La ventilación alveolar (VA) depende del aire corriente, el - espacio muerto (EM) y la frecuencia respiratoria. Sabemos que el AC es la cantidad de gas que entra y sale del tracto respiratorio en cada ciclo de la respiración; por sí solo es un mal índice de la VA; si lo estudiamos juntamente con la FR, podemos descubrir las alteraciones gruesas de la ventilación pulmonar.

### ESPACIO MUERTO ANATOMICO

Es el volumen interno de las vías aéreas desde la nariz y la boca hasta los bronquiolos alveolares. Se le denomina muerto porque a ese nivel no existe intercambio gaseoso, debido a que no es posible el contacto entre el gas y la sangre venosa.

El espacio muerto fisiológico incluye además del anatómico, las siguientes situaciones fisiopatológicas:

- 1.- El volumen de gas inspirado que ventila alveolos que no tienen flujo sanguíneo pulmonar.
- 2.- El volumen de gas inspirado que ventila algunos alveolos en exceso al requerido para arterializar el flujo capilar pulmonar que pasa por ellos.

El espacio muerto anatómico y el espacio muerto fisiológico son iguales en los sujetos normales; el aumento del espacio muerto fisiológico indica un defecto de perfusión sanguínea pulmonar, en una zona bien ventilada; su consecuencia puede ser la hipoventilación pulmonar, que se dice entonces es debida al "efecto del espacio muerto". Al espacio muerto anatómico se le dá un valor de 150 cc.

Las modificaciones del AC y de la FR influyen sobre la VA; - en cambio si el mismo VM se alcanza con un AC pequeño y alta FR, la VA es menor presumiblemente porque el AC es apenas mayor que el EM y llega en menor cantidad al alveolo.

La VA normal, en general, es aquella que mantiene las presio

nes parciales de los gases alveolares en su valor normal (la presión parcial de los gases alveolares se obtiene multiplicando la cifra de la presión barométrica, a la que se resta el valor de la presión del vapor de agua, por la concentración parcial de cada uno de los gases en la muestra de aire alveolar; se expresa en mililitros de mercurio).

La VA debe aportar a la sangre la cantidad necesaria de  $O_2$ . Esta cantidad depende de muchos factores: volumen del flujo sanguíneo capilar, cantidad de  $O_2$  en la sangre venosa que llega al pulmón para su oxigenación, la que a su vez está relacionada con el metabolismo tisular etc. Otro tanto se puede decir con respecto al  $CO_2$ .

#### HIPOVENTILACION PULMONAR

Se produce por disminución de AC, baja FR o aumento de EM. Se traduce por anoxemia, retención de  $CO_2$  y acidosis respiratoria. La sucesión de los acontecimientos es como sigue: la pobre ventilación añade al alvéolo menos  $O_2$  que el removido por el flujo capilar pulmonar; así, la presión parcial de  $O_2$  en el alvéolo ( $PAO_2$ ), cae; por lo mismo, la presión parcial de  $O_2$  en la sangre arterial ( $PaO_2$ ), baja y con ello la saturación de  $O_2$  de la sangre arterial decrece. Simultáneamente la presión de  $CO_2$  alveolar ( $PACO_2$ ), aumenta, porque la ventilación insuficiente no puede remover el  $CO_2$  que se difunde al alvéolo desde la sangre venosa capilar; como entre la ( $PACO_2$ ) y la presión arterial de  $CO_2$  ( $PaCO_2$ ) hay siempre equilibrio, se tendrá elevación de la  $PaCO_2$  y caída

del pH sanguíneo hacia la acidosis. Las causas de hipoventilación pulmonar son las siguientes:

	<i>Anestesia general</i>
	<i>Barbitúricos, morfina</i>
<i>Depresión del centro respiratorio</i>	<i>Trauma cerebral</i>
	<i>Hipertensión endocraneal</i>
	<i>Isquemia cerebral</i>
	<i>Hipercapnia crónica</i>
	<i>Trauma de médula espinal</i>
<i>Interferencia en la conducción neuromuscular de los músculos respiratorios</i>	<i>Poliomielitis</i>
	<i>Neuritis periférica</i>
<i>CAUSAS DE HIPO- VENTILACION PULMONAR</i>	<i>Drogas tipo curare</i>
	<i>Miastenia gravis</i>
	<i>Intoxicación botulínica</i>
	<i>Intoxicación nicotínica</i>
<i>Enfermedades de los músculos respiratorios</i>	
	<i>Artritis</i>
	<i>Esclerodermia</i>
<i>Limitación de los movimientos del tórax</i>	<i>Enfisema</i>
	<i>Deformación torácica</i>
	<i>Elevación del diafragma</i>
	<i>Neumotórax</i>
<i>Limitación de los movimientos pulmonares</i>	<i>Hidrotórax</i>
	<i>Atelectasia</i>
<i>Disminución del tejido funcionante</i>	<i>Tumores</i>
<i>ENFERMEDADES PULMONARES</i>	<i>Neumonía</i>
	<i>Fibrosis</i>
<i>Disminución de la distensibilidad pulmonar</i>	<i>Congestión</i>
<i>Obstrucción de las vías aéreas</i>	

### HIPERVENTILACION PULMONAR

Se traduce por elevación de la PAO<sub>2</sub> disminución de la PACO<sub>2</sub> y ascenso del pH sanguíneo hacia la alcalosis respiratoria. La hperventilación pulmonar es frecuente en los estados de ansiedad, durante la respiración artificial, en la encefalitis, en los traumatismos y operaciones cerebrales, embarazo, bloqueo alveolocapi- lar y en la insuficiencia cardíaca.

El aumento de la V<sub>A</sub> se traduce en un insignificante incremento de la saturación arterial, ya que el aumento de la PAO<sub>2</sub> se - realiza en la escala de presiones que corresponde a la parte ho- rizontal de la curva de disociación de la hemoglobina. En cambio la relación entre el aumento de la V<sub>A</sub> y el descenso de la PACO<sub>2</sub> es lineal.

Los efectos que las alteraciones de la ventilación alveolar ejercen sobre las presiones parciales de los gases alveolares y el pH sanguíneo aparecen en el cuadro que sigue:

	PACO <sub>2</sub>	PAO <sub>2</sub>	PH
HIPOVENTILACION (aire)	↑	↓	acidosis
HIPOVENTILACION (oxígeno)	↑	↑	acidosis
HIPERVENTILACION	↓	↑	alcalosis

### DISTRIBUCION DEL AIRE INSPIRADO

Los clínicos saben que, en casos patológicos, los ruidos res-

piratorios se atenúan en ciertas zonas pulmonares, mientras en otras se perciben normalmente; los radiólogos nos hablan de zonas bien iluminadas y zonas opacas; la prueba de distribución del aire inspirado (DAI) es la comprobación experimental de estos hechos ya conocidos en clínica. Lo que no está todavía suficientemente difundido es que normalmente existe un ligero grado de distribución irregular del aire inspirado, ya que los 750 millones de alvéolos no se encuentran funcionando simultáneamente, <sup>(1)</sup> y que la distribución irregular del aire inspirado puede, por sí sola, si es de cierta magnitud, causar insuficiencia pulmonar.

Se determina por medio de la técnica de la eliminación del N<sub>2</sub> mediante la inhalación de O<sub>2</sub> 100% durante 7 minutos. Se usa en N<sub>2</sub> porque este gas no interviene de manera importante en los intercambios gaseosos alveolares.

Las causas de distribución irregular del aire inspirado son: (3.15) 1) la reducción regional de las fibras elásticas pulmonares como ocurre en el enfisema. 2) Obstrucción parcial y regional de las vías aéreas: asma, quistes pulmonares, lesiones intra o peribronquiales. 3) La combinación de los dos mecanismos anteriores, como se ve en el enfisema. 4) Cambios regionales en la expansión pulmonar: edema intra alveolar o intersticial, congestión, fibrosis,

En los casos de parálisis diafragmática unilateral, durante la inspiración, el diafragma afectado queda elevado, mientras el

sano desciende y el aire drena, por así decirlo, al pulmón, cuyo diafragma ha descendido, dando una distribución irregular del aire inspirado. La distribución irregular del aire inspirado no es prueba específica de una enfermedad. Es constante en el enfisema, y se presenta antes de que se manifiesten desigualdades radiológicas de los campos pulmonares. Se ha visto distribución irregular del aire inspirado en las compresiones del bronquio izquierdo por la aurícula izquierda, crecida a consecuencia de valvulopatías mitrales. Es una prueba que ayuda mucho en el diagnóstico de las obstrucciones bronquiales. El resultado de la distribución irregular del aire inspirado es la anoxemia, salvo el caso de que el flujo capilar pulmonar sea redistribuido proporcionalmente a la ventilación. En cambio, es raro que ocurra la retención de CO<sub>2</sub>; las razones las veremos en el siguiente capítulo.

### DIFUSION

El O<sub>2</sub> llegado al alvéolo tiene que atravesar la barrera fisiológica alveolocapilar (A-C), integrada por la membrana alveolar, el fluido intersticial (la pared capilar, el plasma y la membrana del eritrocito, antes de combinarse con la hemoglobina. Esto se cumple gracias a la existencia de un gradiente tensional entre la PaO<sub>2</sub> y la presión parcial de O<sub>2</sub> en la sangre venosa capilar pulmonar: el O<sub>2</sub> va de la zona de más alta presión (alvéolo) a la de más baja presión (sangre capilar), siguiendo la Ley de Boyle. Es de notar que los distintos componentes de la membrana



A-C funcionan como una sola membrana y que, por las pruebas de difusión, es imposible decidir cual componente es el afectado.

La capacidad de difusión es la cantidad de gas transferida, cada minuto, por cada milímetro de Hg de presión diferencial, a través de una membrana.

La difusión de un gas está en relación directa de la superficie de difusión, de la permeabilidad de la membrana y de la solubilidad del gas difundido; en cambio, la difusión es proporcionalmente inversa al espesor de la membrana y al peso molecular del gas (Ley de Graham).

Para medir la difusión a través de la membrana A-C se han empleado dos gases: el monóxido de carbono (CO) y el O<sub>2</sub>, por su afinidad con la hemoglobina; la capacidad de difusión medida con el CO es transformada en capacidad de difusión para el O<sub>2</sub> - multiplicando los resultados obtenidos en la prueba con CO por 1.23, puesto que el O<sub>2</sub> es 1.23 veces más difusible que el CO.

Normalmente, la difusión es mayor con el ejercicio físico, por apertura de nuevos vasos o por aumento de calibre de los ya permeables, lo que significa un aumento en la superficie útil para la difusión.

En cambio, la difusión disminuye y el gradiente A-C aumenta con el ejercicio en los casos de impedimento a la difusión, siendo estos fenómenos característicos de los trastornos de la difusión alvéolocapilar. El mecanismo fisiopatológico del aumento del gradiente A-C y de la disminución de la difusión con el ejercicio

físico en los casos con trastornos de la difusión es el siguiente: con el ejercicio aumenta el gasto cardíaco y disminuye el tiempo de exposición de la sangre en el alvéolo, al mismo tiempo aumenta la VA y sube la PAO<sub>2</sub>; estando la PAO<sub>2</sub> elevada y descendiendo la presión capilar de O<sub>2</sub> en parte por el trastorno de membrana y en parte por el menos tiempo de exposición de la sangre venosa en el alvéolo, aumenta el gradiente A-C; por otro lado, la PaO<sub>2</sub> disminuye -Como lógica consecuencia de la baja presión de O<sub>2</sub> en los capilares pulmonares- causando insaturación arterial en ejercicio, que es uno de los datos fisiopatológicos importantes de los trastornos de la difusión.

Otra de las características de los impedimentos de difusión es que la insaturación arterial se corrige con la administración de O<sub>2</sub> 100%, puesto que con ello la PAO<sub>2</sub> sube a una cifra tres o cuatro veces superior al valor normal, venciendo la barrera patológica alvéolocapilar que impide la difusión del oxígeno.

En los impedimentos de difusión no existe retención de CO<sub>2</sub>, ya que este gas es veinte veces más difusible que el O<sub>2</sub> y porque el régimen ventilatorio vigente es más bien el de la hiperventilación alveolar. Se conoce que las entidades que provocan trastornos primarios de difusión o sea bloqueo alvéolocapilar son: sarcoidosis, silicosis, fibrosis intersticial difusa aguda inespecífica (Hamman Rich), tuberculosis pulmonar hematógena, beriliosis, esclerodermia, carcinoma alvéolocelular; mientras se observan trastornos secundarios de difusión en el enfisema, esteno

sis mitral y en la fibrosis pulmonar; en todos casos existe una reducción en la superficie útil para la difusión de  $O_2$ .

RELACION ENTRE LA VENTILACION ALVEOLAR Y EL FLUJO SANGUINEO CAPILAR PULMONAR

Se deben conocer el volumen y la distribución del flujo pulmonar tanto como el volumen y la distribución de la ventilación, porque el índice entre la ventilación alveolar (VA) y el flujo capilar pulmonar ( $Q_c$ ) nos indica dónde es arterializada la sangre.

La relación  $VA/Q_c$  normal es 0.8, ya que la VA normal es de 4 l/min. y el  $Q_c$  normal es de 5 l/min. Debemos tener presente que, aun siendo normales los valores absolutos de la VA y el  $Q_c$ , puede un sujeto estar anoxémico por alteraciones en la relación entre la ventilación y el flujo sanguíneo capilar pulmonar. Un caso extremo, incompatible con la vida, sería aquel en el que toda la ventilación se distribuyera en un pulmón y todo el flujo sanguíneo pulmonar irrigara el pulmón contralateral. Las alteraciones de este coeficiente que se presentan en clínica son menos marcadas, pero constituyen la causa más frecuente de anoxemia en clínica.

Ya se estudiaron las causas de distribución irregular del aire inspirado. El flujo capilar pulmonar se distribuye de manera ligeramente irregular, aun en los normales, puesto que los simples cambios de posición hacen variar la distribución de la sangre por efecto de la gravedad.

Las alteraciones importantes del flujo sanguíneo capilar pulmonar, en cuanto a la regularidad de su distribución, aparecen a continuación:

CAUSAS DE FLUJO CAPILAR PULMONAR IRREGULAR

- A. Cortocircuito anatómico: fístula arteriovenosa pulmonar.
- B. Embolias o trombosis de ramas de la arteria pulmonar.
- C. Reducción regional en el lecho vascular pulmonar.
  - 1. Ruptura de los septos alveolares (enfisema).
  - 2. Ahogamientos de vasos en tejido fibroso (esclerosis).
- D. Alteraciones regionales de flujo.
  - 1. Congestiones de estasis (cardiopatías)
  - 2. Congestiones pulmonares inflamatorias.

Puede el coeficiente  $VA/Q_c$  mantenerse normal si ambos factores --ventilación y flujo sanguíneo-- aumentan (ejercicio o disminuyen (neumotórax) porporcionalmente; puede aumentar el coeficiente si la VA se incrementa en relación a la perfusión sanguínea pulmonar (embolia de una arteria pulmonar), teniéndose entonces un aumento fisiológico del EM; finalmente, puede decrecer el coeficiente si la perfusión está aumentada en relación a la VA (atelectasia); esto último es lo que se ha denominado "admisión venosa".

Las variaciones de  $VA/Q_c$  pueden, por sí solas, causar diferencias anormales entre la presión parcial de  $O_2$  alveolar ( $PAO_2$ ) y la presión parcial de  $O_2$  arterial ( $PaO_2$ ). El valor normal de este gradiente entre la  $PAO_2$  y la  $PaO_2$  es de 10mm Hg. Otras -

circunstancias en las que aumenta el gradiente alvéolo-arterial de O<sub>2</sub> son los trastornos de difusión y los cortocircuitos venoarteriales. Los métodos para determinar la distribución irregular del flujo sanguíneo pulmonar son: el radiológico, por medio del estudio de la trama vascular; el angiocardiógráfico, y el fisiológico, mediante la broncoespirometría, que mide el consumo de O<sub>2</sub> y la ventilación de cada pulmón por separado. Normalmente, el pulmón derecho es responsable del 55 por 100 de la ventilación y consumo de O<sub>2</sub> totales, mientras el pulmón izquierdo lo es del 45 por 100 restantes. Como el O<sub>2</sub> es removido del alvéolo por la sangre, la disminución del consumo de O<sub>2</sub> por un pulmón cuya ventilación sea sensiblemente normal puede significar menor flujo sanguíneo pulmonar en el pulmón explorado. Además, ya dijimos que si el EM fisiológico excede significativamente al EM anatómico, tenemos un buen indicio de que existen zonas bien ventiladas y con deficiente irrigación sanguínea pulmonar.

#### MATERIAL Y METODO

##### LOTE EXAMINADO.

El estudio se realizó en un grupo de personas jóvenes (soldados de distintos regimientos de la capital) en quienes se practicó el estudio de la función pulmonar en lo referente a volúmenes pulmonares. Los motivos que se tuvieron para escoger este grupo de personas fueron los siguientes:

- a) Proviene de distintas zonas del país.
- b) Su similitud en peso, talla, edad y alimentación.
- c) Son verdaderos representativos del biotipo del país.

NUMERO

El lote examinado fué de doscientas personas, considerando que dicho número era una muestra bastante representativa.

EDADES

Las edades oscilaron entre dieciseis y veintiseis años.

De 16 - 18 años . . . . .	101 personas.
19 - 21 " . . . . .	74 personas.
22 - 24 " . . . . .	24 personas.
25 - 26 " . . . . .	1 persona.

TALLA

Osciló entre 1.50 y 1.75 metros así:

De 1.50 - 1.55 . . . . .	4 personas
1.56 - 1.60 . . . . .	64 personas
1.61 - 1.65 . . . . .	85 personas
1.66 - 1.70 . . . . .	37 personas
1.71 - 1.75 . . . . .	10 personas

PESO

Osciló entre 47 y 81 kgms., así:

De 47 - 54 Kgms. . . . .	63 personas
55 - 62 " . . . . .	97 personas
63 - 70 " . . . . .	38 personas
71 - 78 " . . . . .	1 persona
79 - 87 " . . . . .	1 persona

### TEMPERATURA

La temperatura a que se llevó a cabo el estudio fué la ambiente.

### CONDICIONES

El estudio se realizó en el Laboratorio de Fisiología de la Facultad de Medicina. A una altura de 682 metros sobre el nivel del mar. Presión Barométrica de 704 mm. de mercurio. Temperatura ambiente  $26 \pm 2^{\circ}$  Centígrados. Los sujetos estuvieron en reposo durante las pruebas.

### EQUIPO

El equipo utilizado para el estudio, estuvo constituido de 2 aparatos:

- a) Un espirómetro de Benedict-Roth (tipo Hutchinson)
- b) Un gasómetro tipo Tissot, ambos de la marca Collins ( $\frac{1}{2}$ );  
que son propiedad de la Escuela de Medicina y que se ocupan para el entrenamiento de los estudiantes.

### Descripción del Aparato

El espirómetro de Benedict-Roth (tipo Hutchinson), consiste en esencia en una campana invertida (c), introducida en un depósito de agua destilada (d), en la cual la campana puede ascender o descender libremente según se llene o se vacíe de su contenido gaseoso, quedando éste retenido en la campana por el nivel líquido del depósito.

La campana está suspendida por una cadena (cd) que pasa por

una polea (p). En el otro extremo de la cadena hay un peso (pe) que contrabalanca el peso de la campana cuando el aparato está vacío de contenido gaseoso. En este momento, la campana está casi totalmente sumergida en el agua.

Al ascender la campana, parte de la misma queda fuera del agua resultando mas pesado, por tanto ofrecerá cierta resistencia a la respiración. Para evitarlo, en la polea existe cierto artificio mecánico que evita el desequilibrio del peso.

El conducto aéreo (ca) comunica a la campana con el sujeto y permite el paso de los gases respiratorios desde los pulmones hasta el espirómetro o viceversa. En el modelo de 13.5 litros que se utilizó, el conducto aéreo es doble y los gases se dirigen en sentido único por medio de válvulas de una sola dirección.

En la extremidad distal del conducto aéreo se coloca la boquilla (b) de hule que se introduce en la boca del sujeto. De esta manera queda establecido el circuito sujeto-espirómetro, constituyendo lo que se llama circuito cerrado.

Partes integrantes del espirómetro son el termómetro (t) para registrar la temperatura de los gases y su corrección posterior. Un tubo toma muestras de gases (tm) provisto de una llave.

El espirómetro va equipado con un sistema inscriptor que consiste en un quimógrafo (k) de dos velocidades: lenta (0.49 milímetros por segundo) y rápida (48 milímetros por segundo); además de una aguja insertada en el contrapeso (p).



A cada ascenso de la campana corresponde un descenso de la aguja inscriptora y viceversa. Ello significa que las variaciones en el volúmen de gas contenido en la campana será registrada continuamente en el quimógrafo, inscribiendo lo que se llama espirograma.

En el gasómetro de Tissot no difiere en lo fundamental de un espirómetro.

En el esquema adjunto se pueden apreciar las pequeñas diferencias existentes.

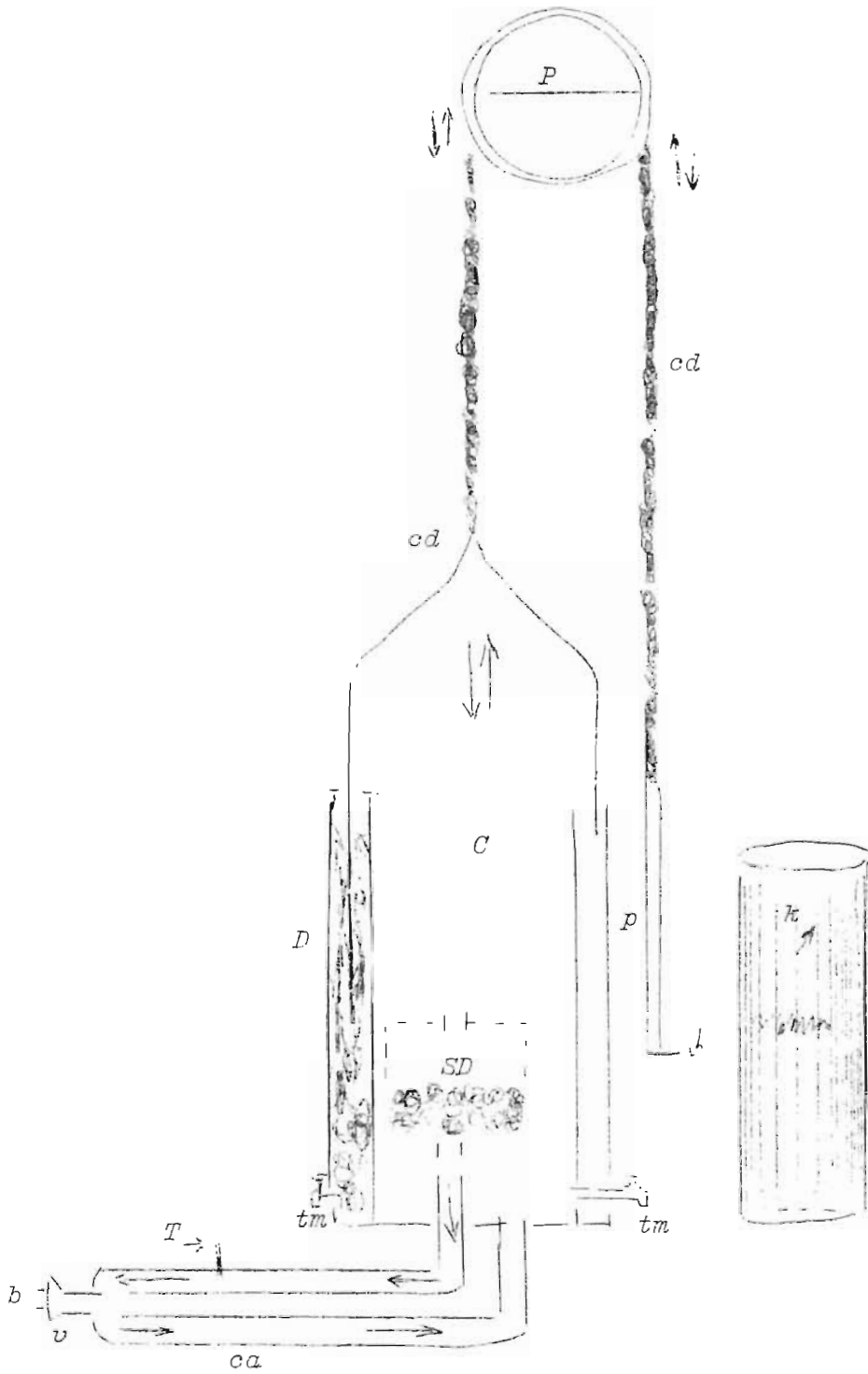
La modificación más importante que se puede apreciar es en la disposición del conducto aéreo que se monta como conducto único de un solo sentido. La disposición de las válvulas determina el sentido de la corriente gaseosa <sup>(1)</sup> desde el gasómetro hasta los pulmones o <sup>(2)</sup> desde estos hacia el gasómetro.

#### Factor del Aparato

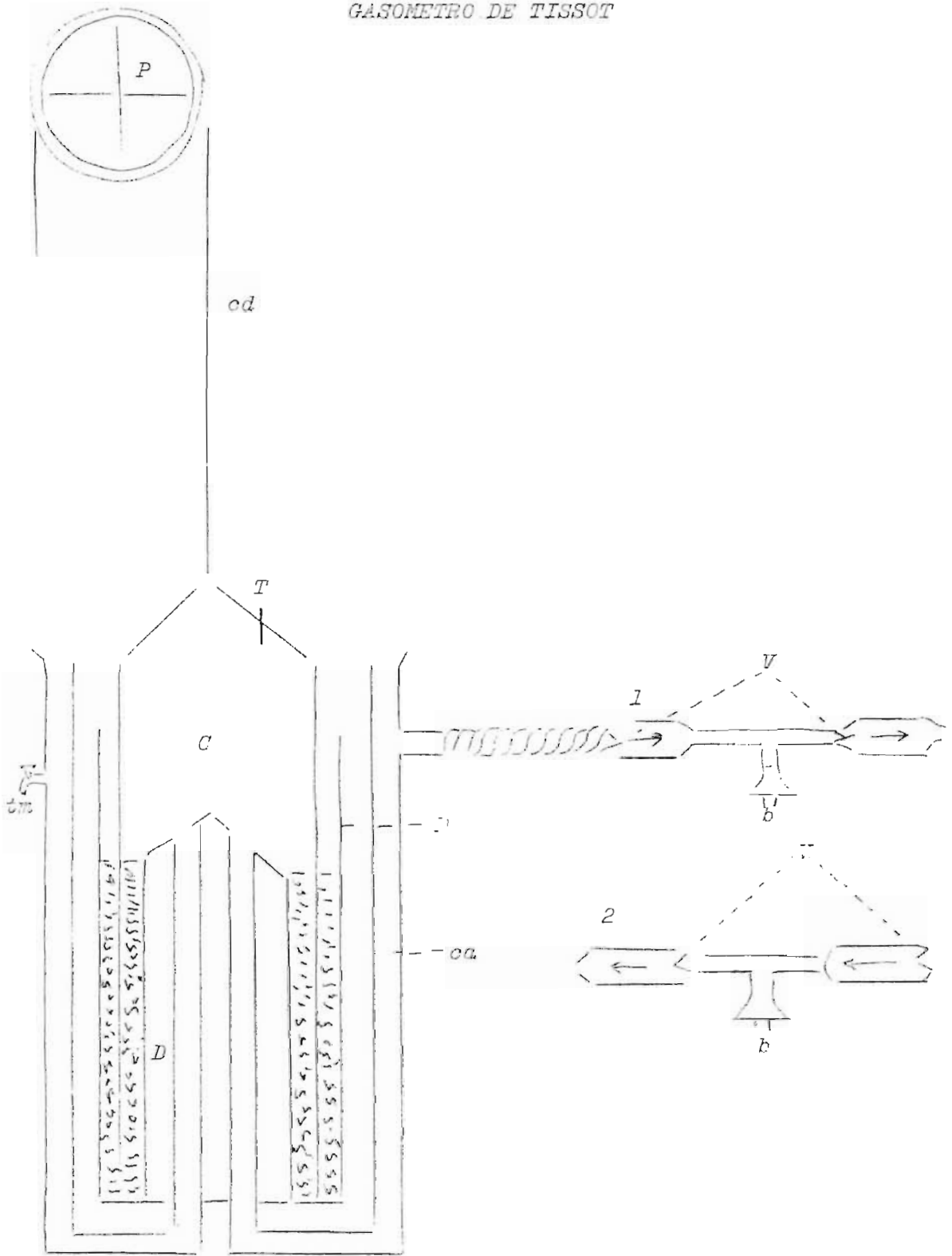
Cada tipo de espirómetro o de gasómetro lleva inscrito un número llamado factor del aparato ( $f$ ) que significa "Volúmen de un cilindro cuya base es igual a la sección transversal de la campana y cuya altura es igual a un milímetro".

Este factor es esencial para los cálculos volumétricos en espirometría o gasometría. A un número ( $n$ ) de milímetros de desplazamiento de la campana ( y por tanto de la aguja inscriptora ) corresponde un volúmen de donde  $V = nxf$ .

ESPIROMETRO DE BENEDICT - ROTH



GASOMETRO DE TISSOT



BIBLIOTECA DE CIENCIAS  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

METODO ESTADISTICO

Una vez obtenidos los valores finales de las distintas pruebas de volúmenes pulmonares practicadas en las doscientas personas, se procedió a procesar dichos resultados haciendo un análisis estadístico que permitiera obtener una verdadera representación de dichos datos. Se consideró conveniente agrupar todos los resultados en base a la superficie corporal, que es una resultante de relacionar el peso y la talla de un individuo.

Se establecieron en principio seis estratos de superficie corporal que oscilaba entre 1.39 y 1.92 M<sup>2</sup>, así:

de 1.39 - 1.47

" 1.48 - 1.56

" 1.57 - 1.65

" 1.66 - 1.74

" 1.75 - 1.83

" 1.84 - 1.92

Ya una vez agrupadas en esta forma se trató de investigar el tipo de distribución ( normal o no ) que seguían las observaciones correspondientes a cada estrato de superficie corporal. Cuando la tendencia fue normal se consideró como intervalo de normalidad, como es natural, los valores  $\bar{x} \pm \sqrt{s}$ , y cuando la distribución fué diferente, se consideró la variación interporcentila ( P84 - P16 ) como normal.

Dado que en algunos estratos se obtuvo un escaso número de observaciones no se trató de investigar las distribuciones particu-

lares que pudieran seguir esas observaciones; dejando abierto así el campo para ulteriores investigaciones.

La selección del tipo de distribución fue objetiva, aunque se reconoce que bien podría haberse hecho una prueba de bondad en el ajustamiento de dichas distribuciones; pero no se realizó porque posiblemente se podría llegar a cometer un error preciso, puesto que no hay método matemático y estadístico que pueda dar un grado de confianza mayor al que proporcionan las condiciones en que se realizaron las observaciones.

A continuación, a manera de ejemplo, se expone una representación estadística del método que se utilizó para procesar los datos, el cual se repitió sistemáticamente.

CAPACIDAD RESPIRATORIA

Superficie corporal de 1.48 a 1.56 M2

Valor Máximo 3422  
 Valor Mínimo 1939  
 diferencia 1483

Formar grupos de 12 ; 1483 ÷ 12 = 123.5

Intervalo de clase 124 aproximadamente

	Y.	u	Y.(u)	Y.(u <sup>2</sup> )	
1939 - 2062	6	-5	-30	150	6
2063 - 2186	4	-4	-16	64	10
2187 - 2310	7	-3	-21	63	17
2311 - 2434	9	-2	-18	36	26
2435 - 2558	8	-1	-8	8	34
2559 - 2682	11	0	0	0	45
2683 - 2806	6	+1	+6	6	51
2807 - 2930	4	+2	+8	16	55
2931 - 3054	2	+3	+6	18	57
3055 - 3178	4	+4	+16	64	61
3179 - 3302	0	+5	+0	0	61
3303 - 3422	1	+6	+6	36	62
	62		-51	461	

$$\bar{X} = (2559 + 62) - \frac{51}{62} \times 124$$

$$\bar{X} = \frac{2621 - 102}{62} = \frac{2519}{62}$$

$$Ft = \sqrt{\frac{461}{62} - \frac{(51)^2}{(62)^2}}$$

$$Ft = 2.60$$

$$F = 2.60 \times 124 = 322.40$$

$$\bar{X} = \frac{2519 + 322.40}{62}$$

Porcentiles

Na de observaciones = 62

$$62 + 1 = 63 \quad 0.50 = 31.50$$

$$0.16 = 10.08$$

$$0.84 = 52.92$$

$$P_{50} = 2435 + \frac{31.50 - 26}{8} \times 124 = 2520.56$$

$$P_{16} = 2187 + \frac{10.08 - 10}{7} \times 124 = 2188.42$$

$$P_{84} = 2807 + \frac{52.92 - 51}{4} \times 124 = 2866.52$$

ANALISIS DE RESULTADOS

Se practicó el estudio de los volúmenes pulmonares en doscientas personas; verificándose en cada una de ellas las siguientes determinaciones:

1. Capacidad inspiratoria.
2. Reserva inspiratoria
3. Capacidad vital.
4. Capacidad vital calculada
5. Porcentaje de capacidad vital.
6. Capacidad vital cronometrada en tres segundos.
7. Frecuencia respiratoria por minuto.
8. Volumen corriente.
9. Volumen minuto.
10. Capacidad respiratoria máxima.

En general se obtuvo buena colaboración, después de breve explicación sobre la técnica a seguir e inocuidad de la prueba.

Luego se procesaron los resultados por el método estadístico anteriormente descrito en el capítulo de material y método. Se hace la salvedad que en algunos de los estratos de superficie corporal las observaciones fueron escasas por ejemplo: de (1.39 a 1.47 M<sup>2</sup>) y de (1.75 a 1.83 M<sup>2</sup>), en los cuales no se verificó representación gráfica por considerar que no constituían una verdadera representación estadística. En el estrato de superficie corporal que oscilaba entre 1.84 a 1.92 M<sup>2</sup>, por existir solo una observación se descartó completamente.

Para verificar la representación gráfica se estandarizaron las distribuciones de frecuencia de todas las observaciones, es decir, como cada una de estas distribuciones presentaban ciertos valores para sus medias aritméticas y desviaciones estándar, se transformaron las observaciones originales de manera que las nuevas distribuciones dieran medias aritméticas igual a cero y desviación estándar igual a uno; pues de otra manera no podrían compararse en su tendencia con la distribución normal que tiene esas características ( $X = 0$ ) ( $F = 1$ ). Esta fué la única condición exigible o necesaria para poder comparar las distribuciones con la curva normal. El método de las ordenadas fué el empleado para la superposición gráfica, debido a su mayor facilidad en contraste con los métodos analíticos y de áreas,

CAPACIDAD INSPIRATORIA

<u>Superficie Corporal</u>	<u>Media</u>	<u>Intervalo de Normalidad</u>
1) 1.39 a 1.47 M <sup>2</sup>	2440	{2022 2858
2) 1.48 a 1.56 M <sup>2</sup>	2519	{2197 2841
3) 1.57 a 1.65 M <sup>2</sup>	2732	{2392 3072
4) 1.66 a 1.74 M <sup>2</sup>	2819	{2514 3373
5) 1.75 a 1.83 M <sup>2</sup>	3070	{2657 3483

Como puede observarse en las cifras arriba anotadas, hay un aumento progresivo de los valores de capacidad inspiratoria conforme aumenta la superficie corporal.



Se trató de comparar los resultados obtenidos en este estudio con los de autores extranjeros, pero lamentablemente no fué posible encontrar valores para todos los estratos de superficie corporal considerados. El estrato de superficie corporal número cuatro si fué posible compararlo con los resultados obtenidos - por Comroe<sup>(4)</sup> quien para 1.70 M<sup>2</sup> de superficie corporal obtuvo un valor de 3.600 mililitros; nosotros encontramos para esa misma superficie corporal 2.819 mililitros, existiendo una diferencia notoria entre ambos valores, lo cual creémos puede ser debido al distinto biotipo, modo de vida, alimentación etc.

En las representaciones gráficas de la siguiente página se puede observar que los estratos dos y tres siguen una tendencia normal, cuando se superpone a la curva normal por lo cual en dichos estratos se utilizó la media aritmética y la desviación - estándar. En el estrato número cuatro se ve que dichas observaciones no siguen la curva normal, por lo cual se utilizó la variación interporcentila.

RESERVA ESPIRATORIA

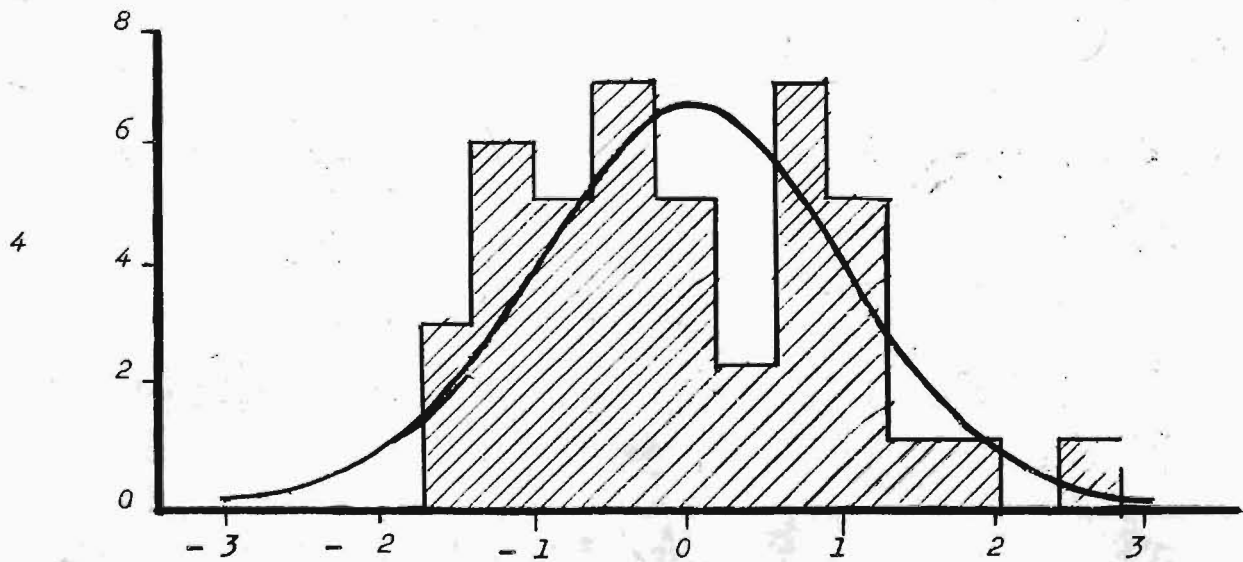
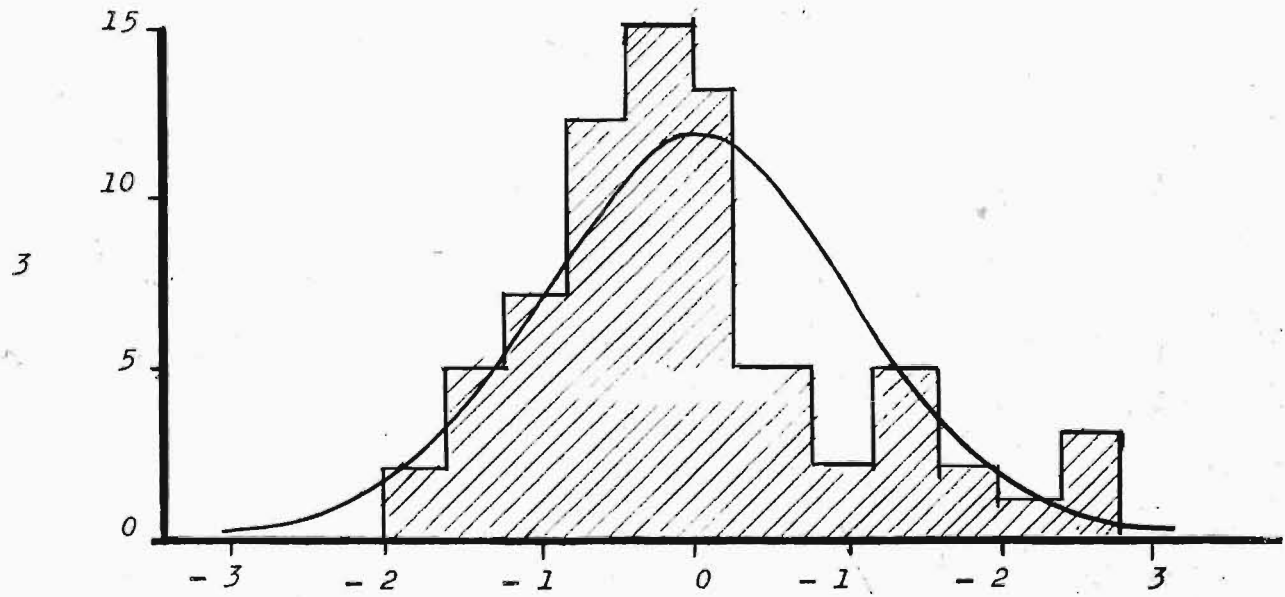
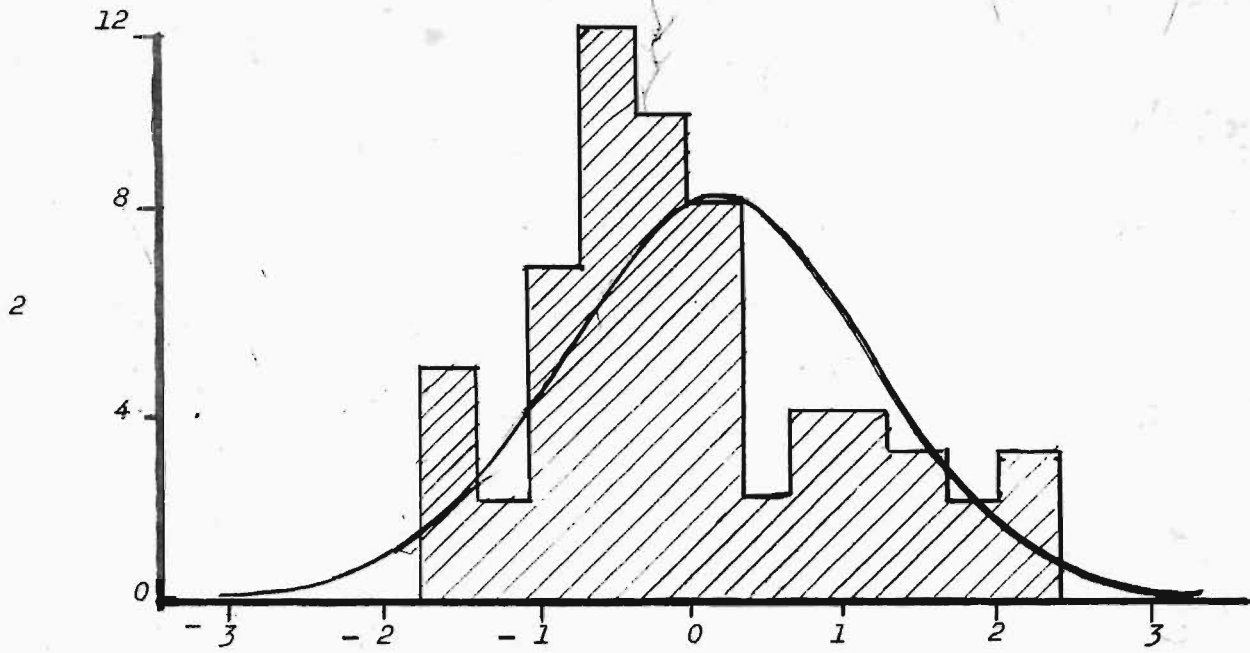
<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>Intervalo de Normalidad</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	1454	1237 1671
2) 1.48 a 1.56 M2	1385	1114 1828
3) 1.57 a 1.65 M2	1419	1165 1674
4) 1.66 a 1.74 M2	1404	1074 1840
5) 1.75 a 1.83 M2	1785	1519 2051

Analizando estos datos observamos que no existe aumento de dichos valores conforme a la superficie corporal, lo cual se trató de explicar por el hecho de que es un volumen difícil de obtener, por cuanto no se puede saber si la espiración fue completa.

Comparando los resultados con los de Comroe en el estrato número cuatro; dicho autor da un valor de 1.200 mililitros y nosotros encontramos para esa superficie corporal 1.404 mililitros, lo que denota que los sujetos de nuestro estudio tuvieron una reserva mayor.

Este volumen es difícil de interpretar según Comroe<sup>(4)</sup> y se cree que los cambios que pueda tener son debidos al tipo somático del individuo. Las representaciones gráficas de la siguiente página demuestran que el estrato número tres siguió la tendencia normal; no así el estrato dos y cuatro en el cual tuvo que utilizarse la variación interpercentila.

RESERVA ESPIRATORIA



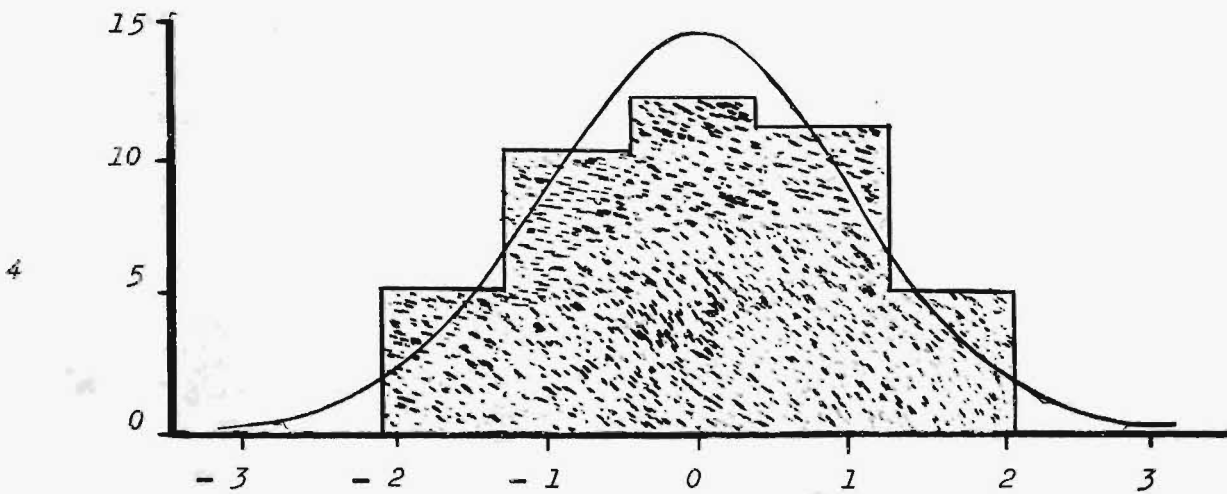
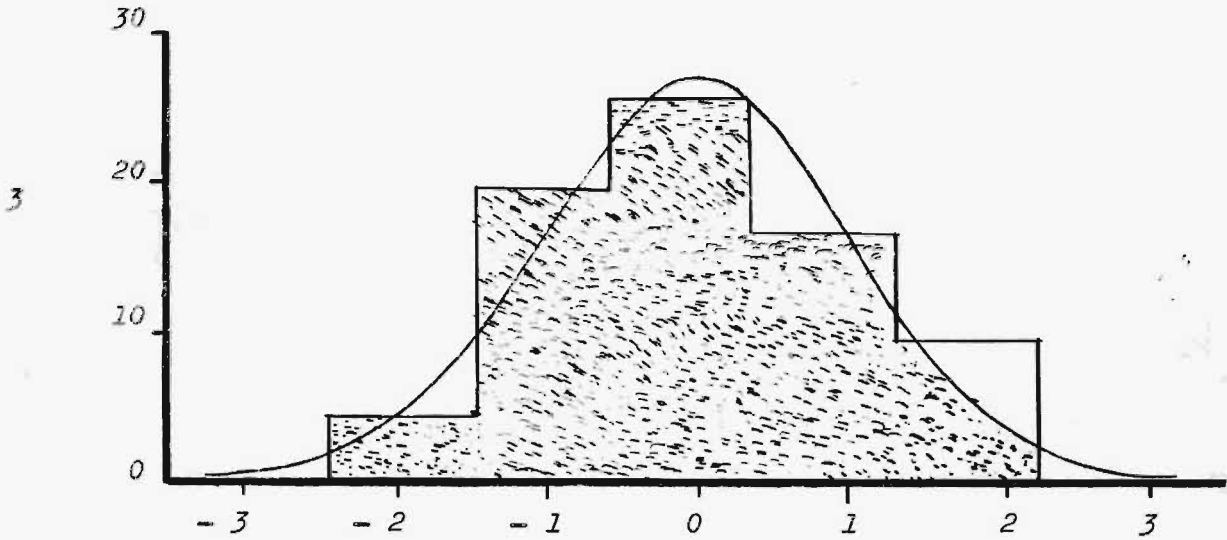
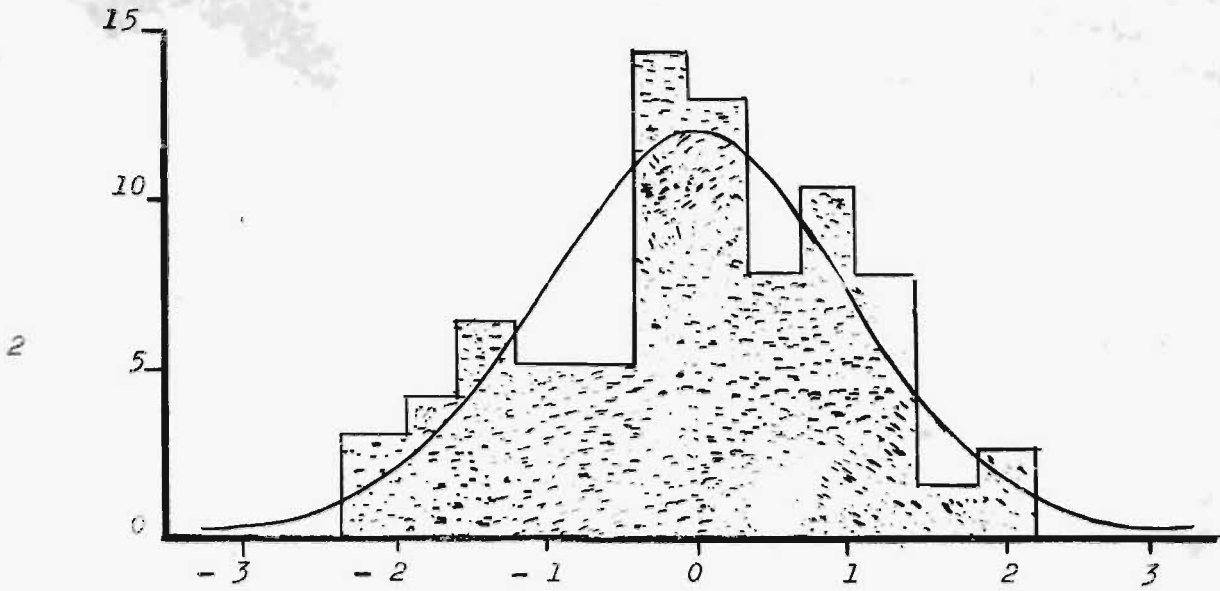
CAPACIDAD VITAL

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47	3828	3369 4287
2) 1.48 a 1.56	3962	3531 4393
3) 1.57 a 1.65	4171	3776 4566
4) 1.66 a 1.74	4477	4024 4930
5) 1.75 a 1.83	4882	4394 5370

En estos resultados también se observa que existe un aumento progresivo de la capacidad vital a medida que aumenta la superficie corporal. Comparando el resultado obtenido en el estrato número cuatro con el de Comroe, <sup>(4)</sup> este autor dá un valor de 4.800 mililitros; nosotros obtuvimos en nuestro estudio un valor de 4.477 mililitros, existiendo una diferencia de 323 mililitros, lo que se puede considerar mínima y llegarse a concluir que existió una similitud entre ambos valores.

Las representaciones gráficas nos demuestran que los tres estratos representados siguieron la tendencia normal.

CAPACIDAD VITAL



CAPACIDAD VITAL CALCULADA

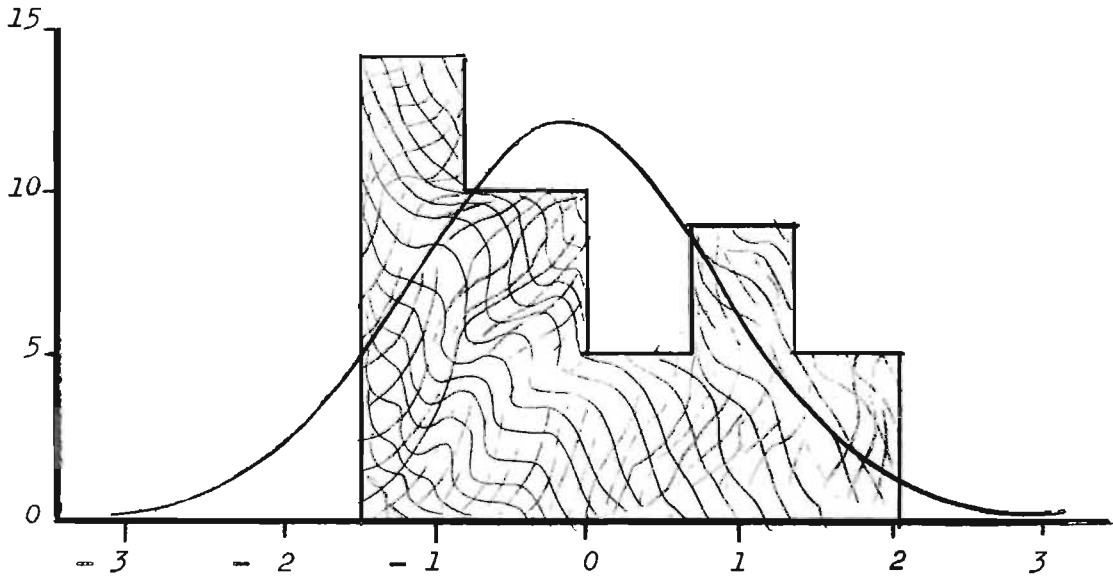
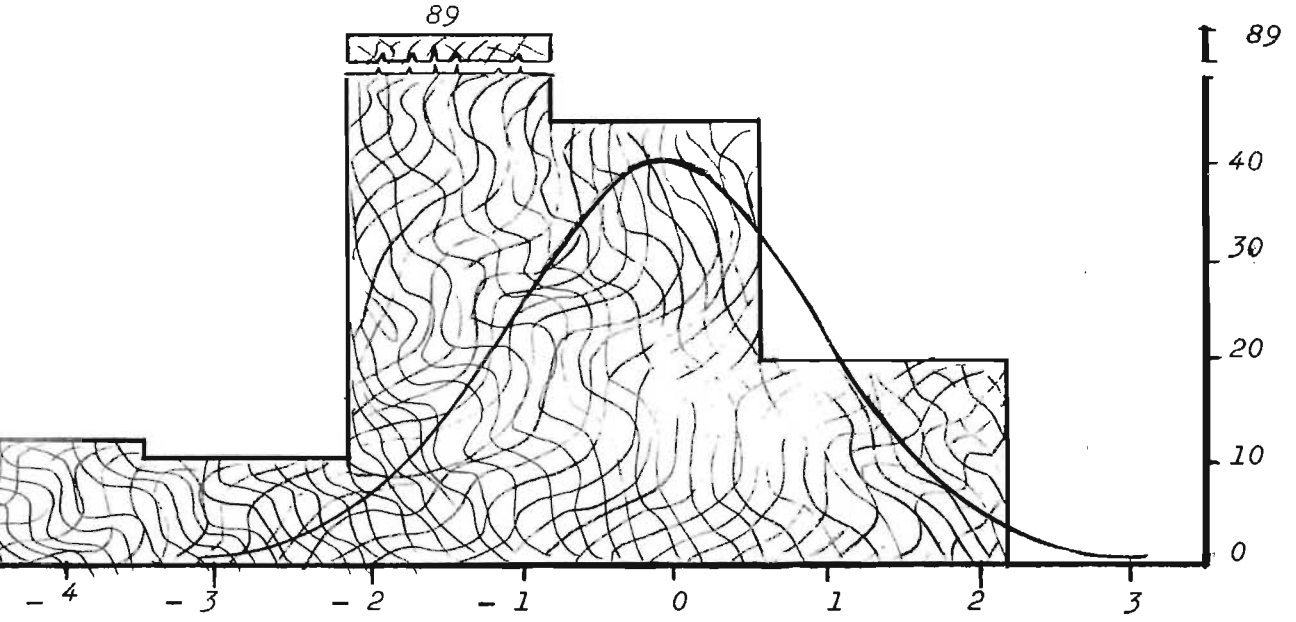
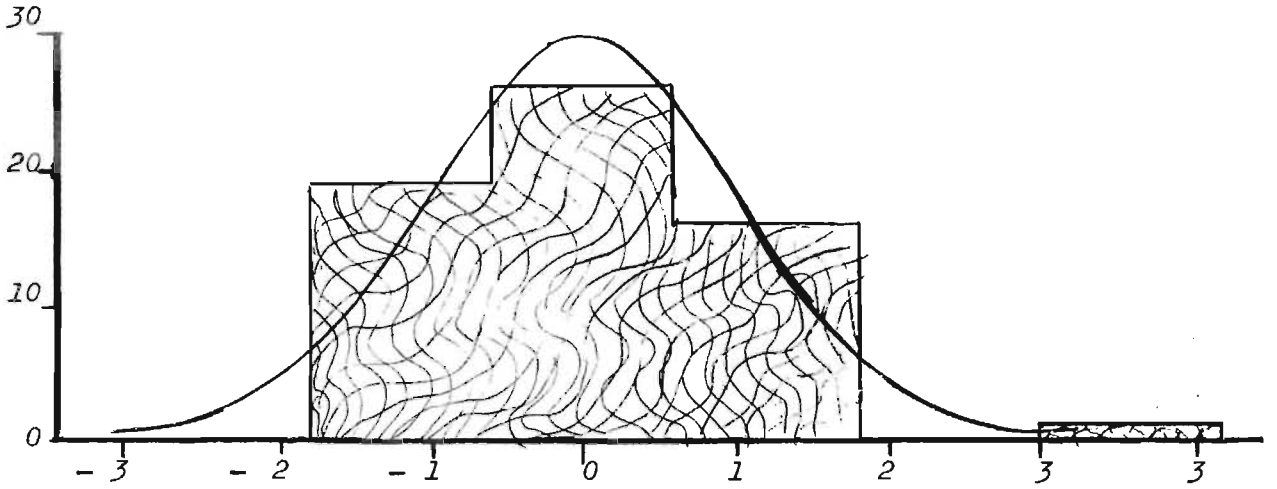
<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	3607	3548 3666
2) 1.48 a 1.56 M2	3820	3753 3807
3) 1.57 a 1.65 M2	4000	3950 4100
4) 1.66 a 1.74 M2	4225	4150 4300
5) 1.75 a 1.83 M2	4427	4364 4490

Estos valores se obtuvieron después de haberles aplicado la fórmula de West<sup>(1)</sup> para calcular la capacidad vital.

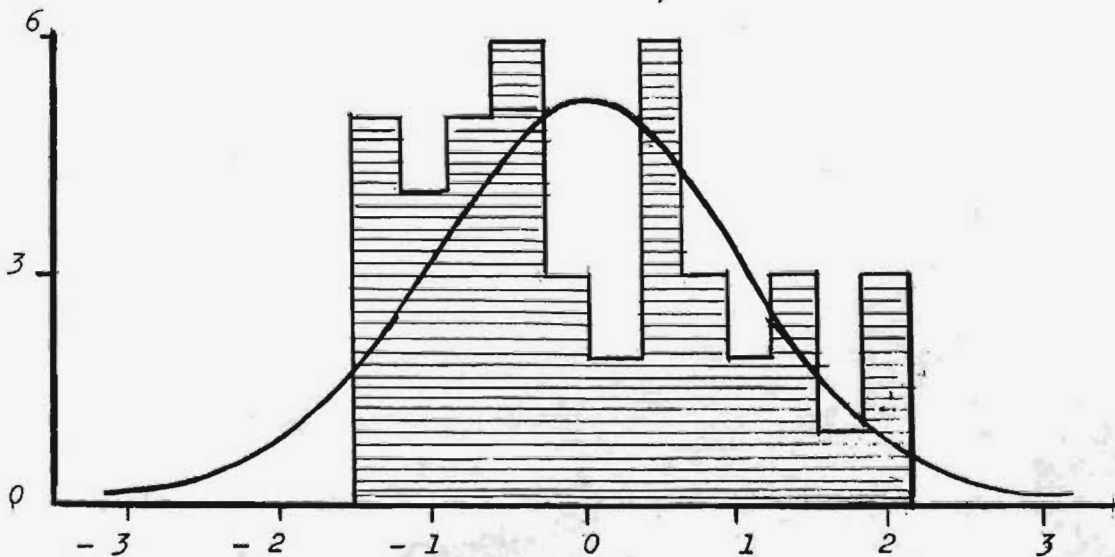
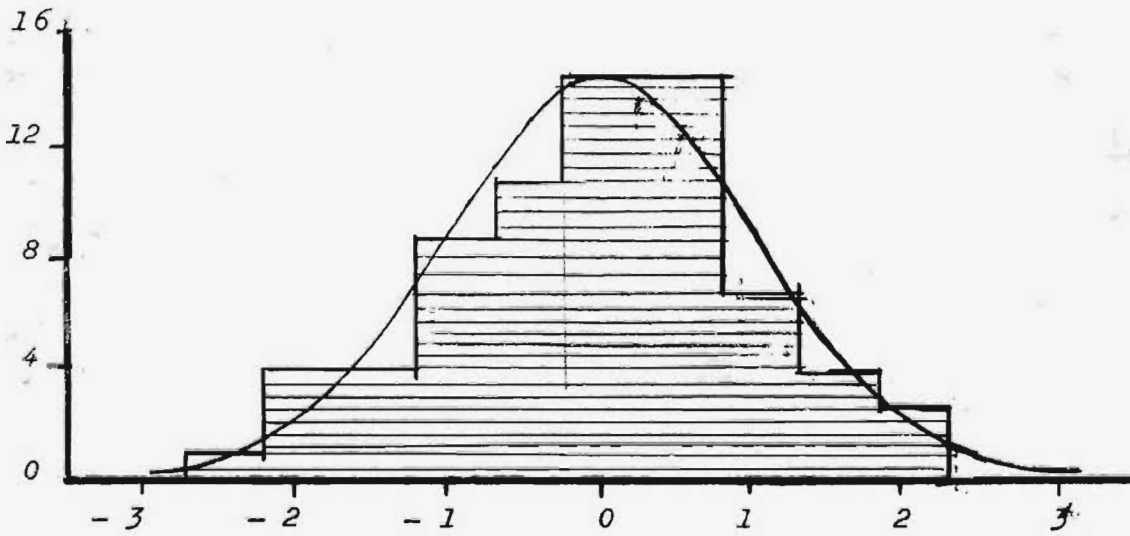
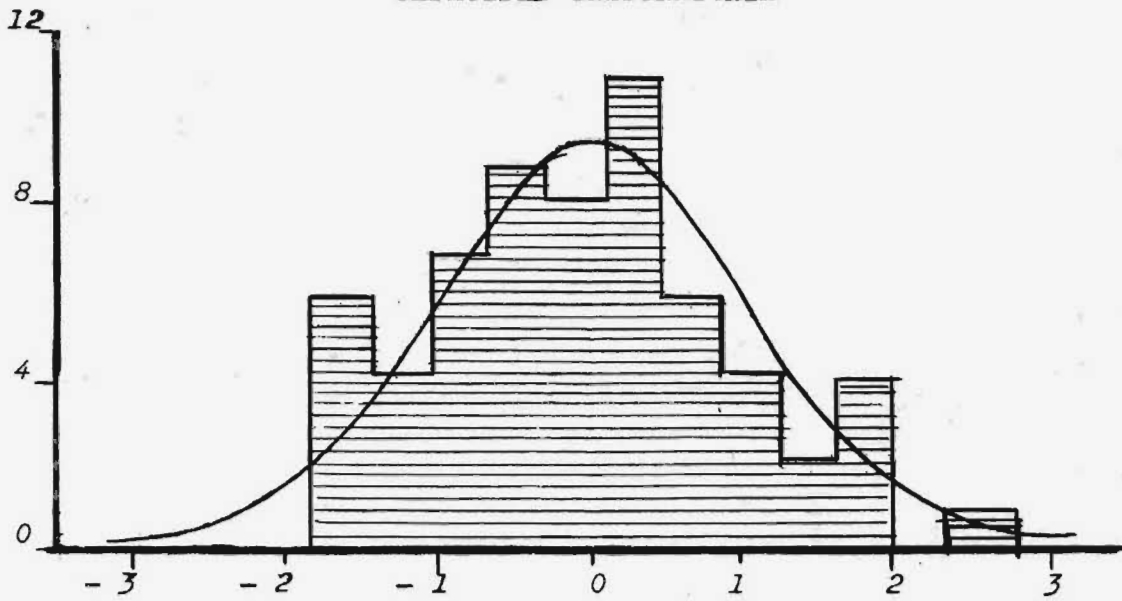
Si comparamos estos valores de capacidad vital calculados con los obtenidos en la capacidad vital observada, notaremos que los sujetos examinados tuvieron una capacidad vital observada - mayor que la capacidad vital calculada por fórmulas convencionales.

En la representación gráfica podemos notar que solo el estrato número dos siguió la tendencia normal.

CAPACIDAD VITAL CALCULADA



CAPACIDAD INSPIRATORIA



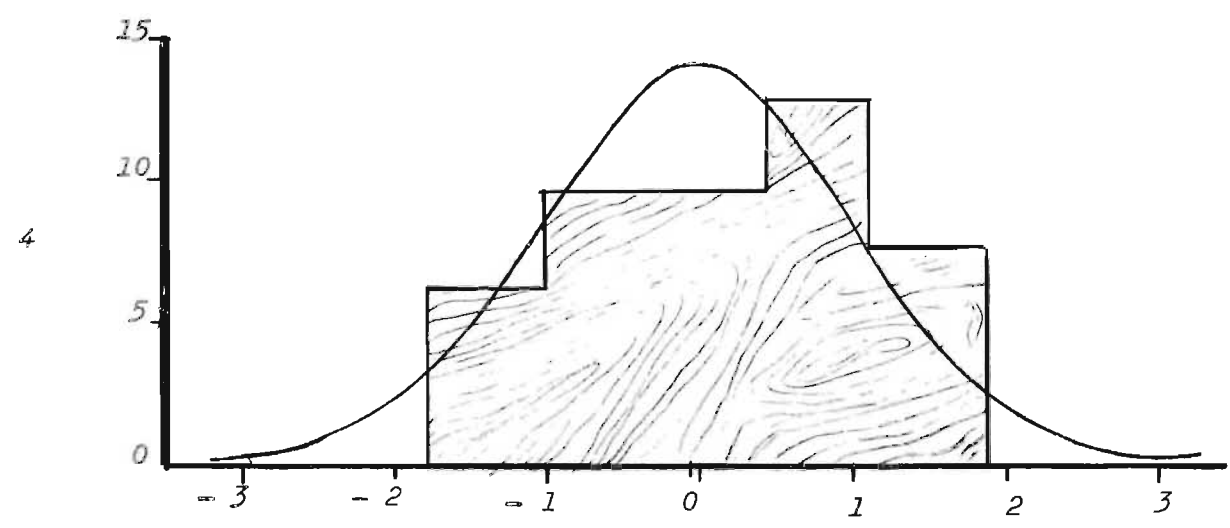
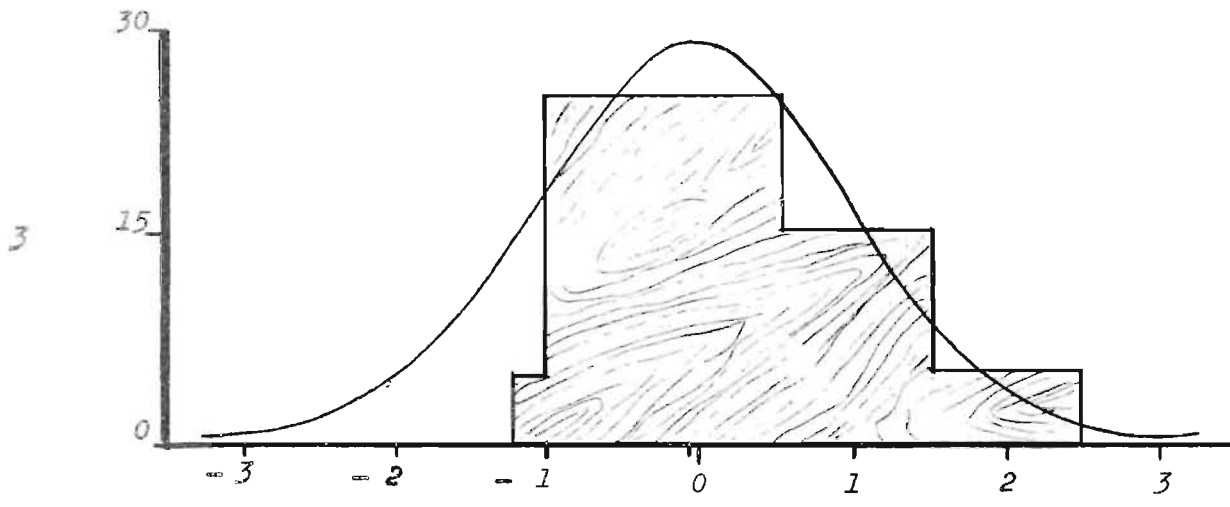
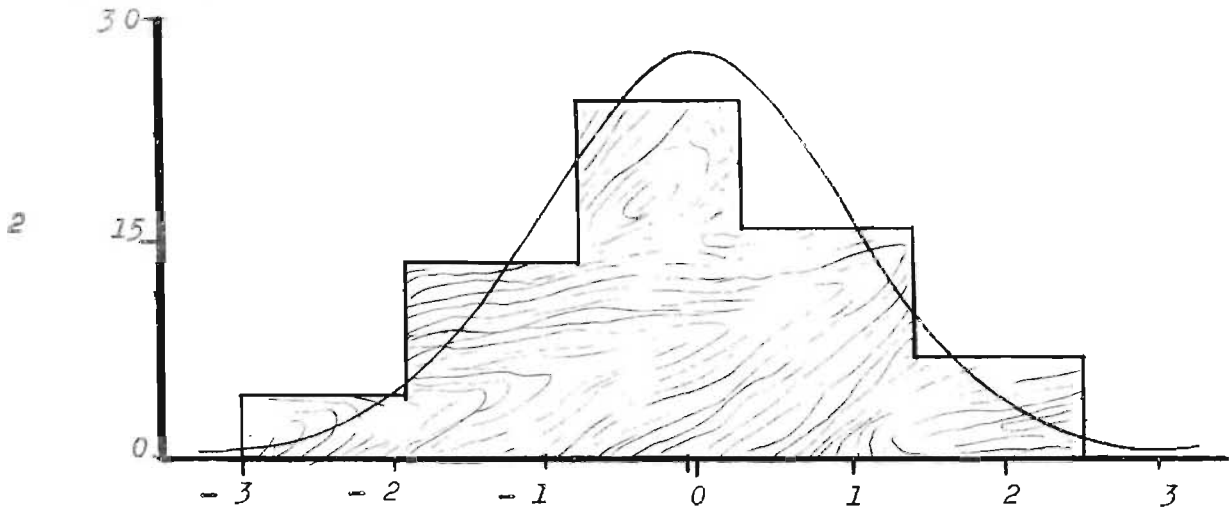


PORCENTAJE DE CAPACIDAD VITAL

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	106	94 118
2) 1.48 a 1.56 M2	105	96 114
3) 1.57 a 1.65 M2	104	97 114
4) 1.66 a 1.74 M2	104	91 115
5) 1.75 a 1.83	110	99 121

Siendo el porcentaje de capacidad vital el resultado de relacionar la capacidad vital observada y capacidad vital calculada y habiendo obtenido en el estudio valores mayores para la capacidad primeramente citada, lógicamente el porcentaje de capacidad vital supera en el presente estudio el 100% de todas las observaciones de capacidad vital calculada, lo que se refleja en los resultados obtenidos arriba anotados.

En las representaciones gráficas solo el estrato número dos sigue la tendencia normal.



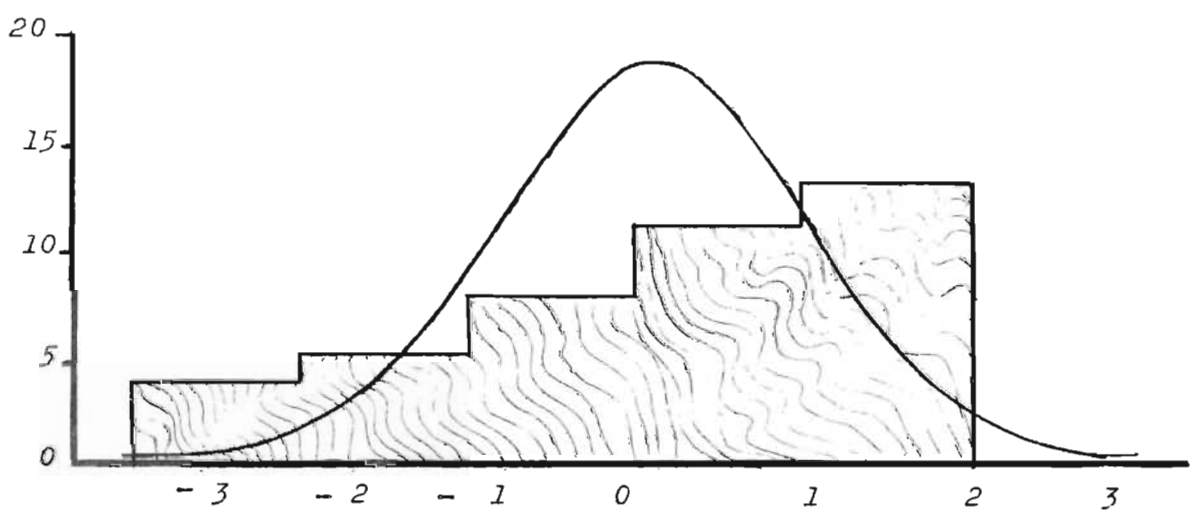
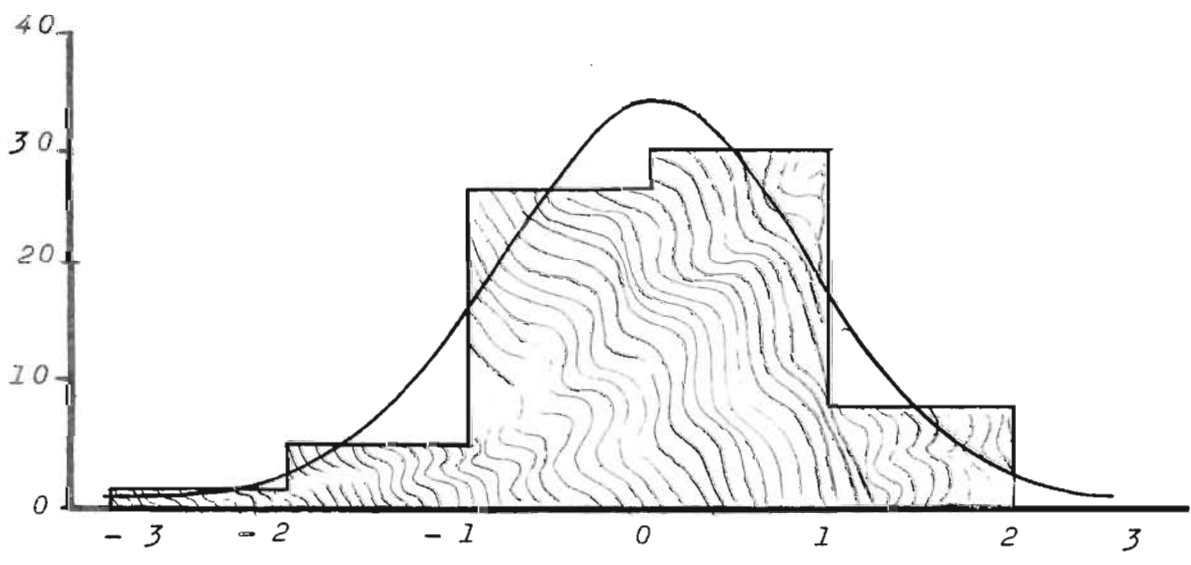
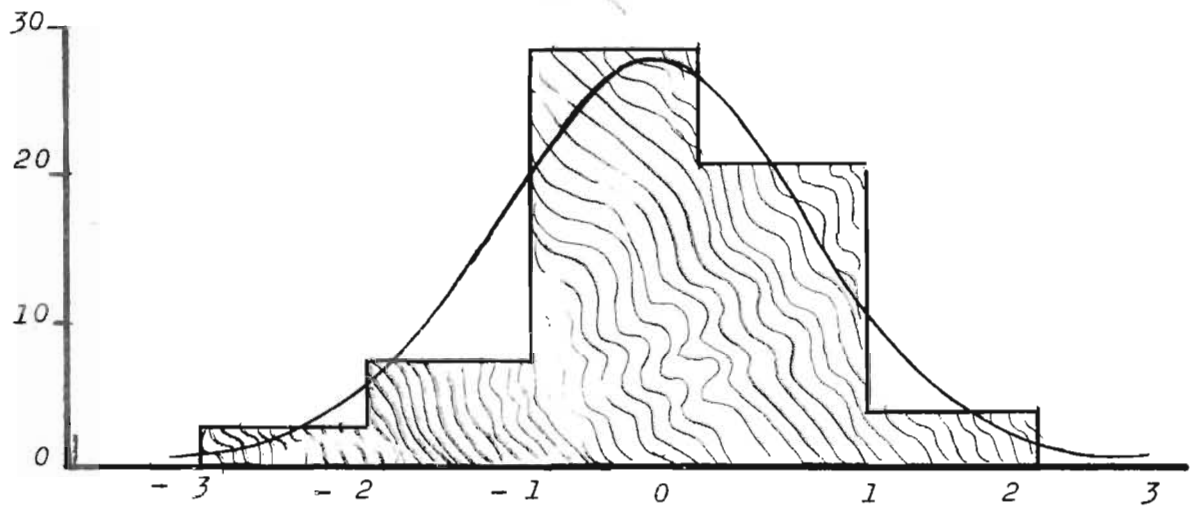
CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA (PRIMER SEGUNDO)

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	88	79 97
2) 1.48 a 1.56 M2	83	71 96
3) 1.57 a 1.65 M2	84	70 97
4) 1.66 a 1.74 M2	81	67 92
5) 1.75 a 1.83 M2	86	75 97

Para la capacidad vital cronometrada (primer segundo) investigadores extranjeros (1,4,15) dan un valor del 83% de la capacidad vital; comparando nuestros resultados con dicha cifra, observamos que todos los valores a excepción de uno superaron dicha cifra, por lo cual podemos considerarlo como similares.

En las representaciones gráficas, puede observarse que los estratos de superficie corporal dos y tres siguieron la tendencia normal, por el contrario en el estrato número cuatro se utilizó la variación interpercentila.

CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA 1er. Segundo



CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA (SEGUNDO-SEGUNDO)

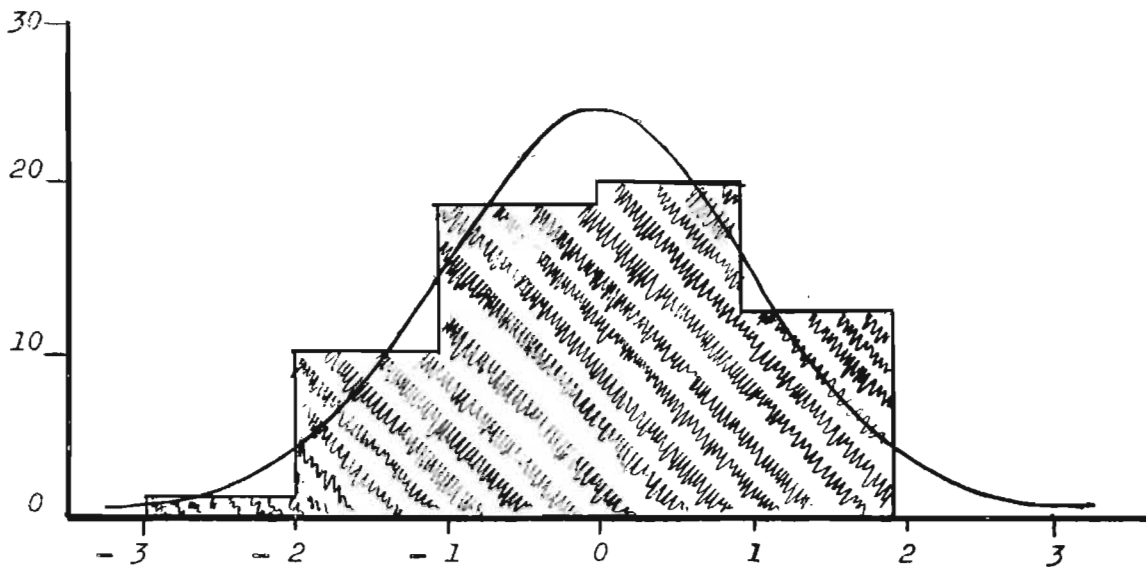
<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	94	82 106
2) 1.48 a 1.56 M2	95	85 105
3) 1.57 a 1.65 M2	93	83 103
4) 1.66 a 1.74 M2	95	78 104
5) 1.75 a 1.83 M2	103	93 113

De la observación de estos resultados encontramos que todos superan el 93% de la capacidad vital siendo similares con los valores de otros autores que obtuvieron como promedio el 94% para esta capacidad.

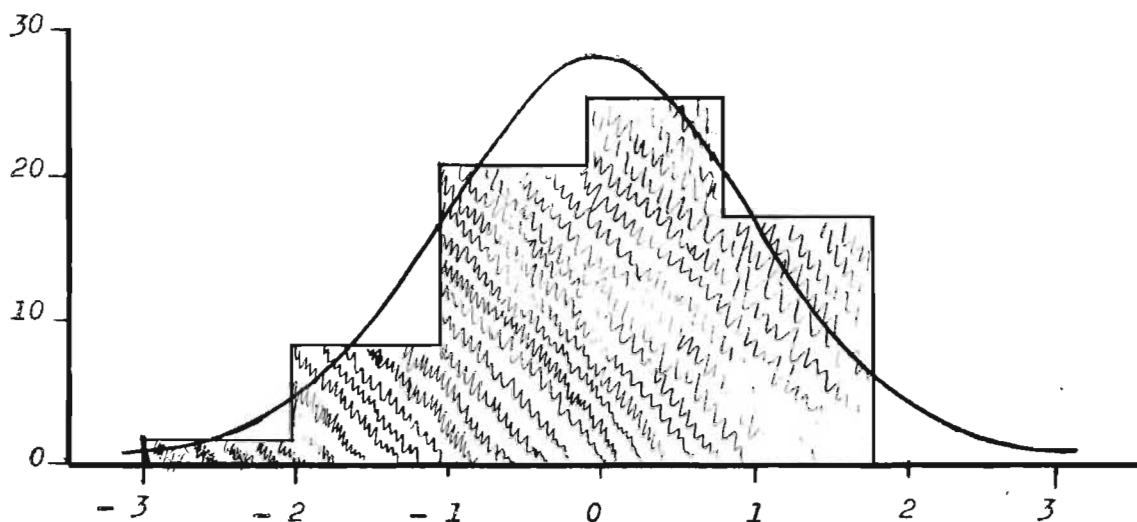
La representación gráfica demuestra que los estratos dos y tres siguieron la tendencia normal, ocupando en ellos la media aritmética y desviación estándar; en el estrato número cuatro se utilizó la variación interponcentila.

CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA 2o. segundo

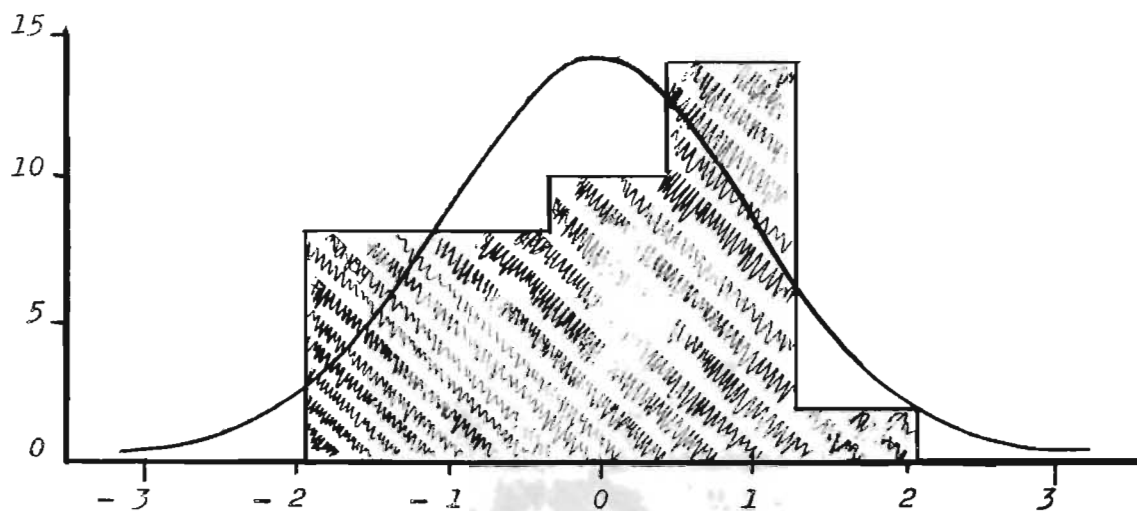
2



3



4



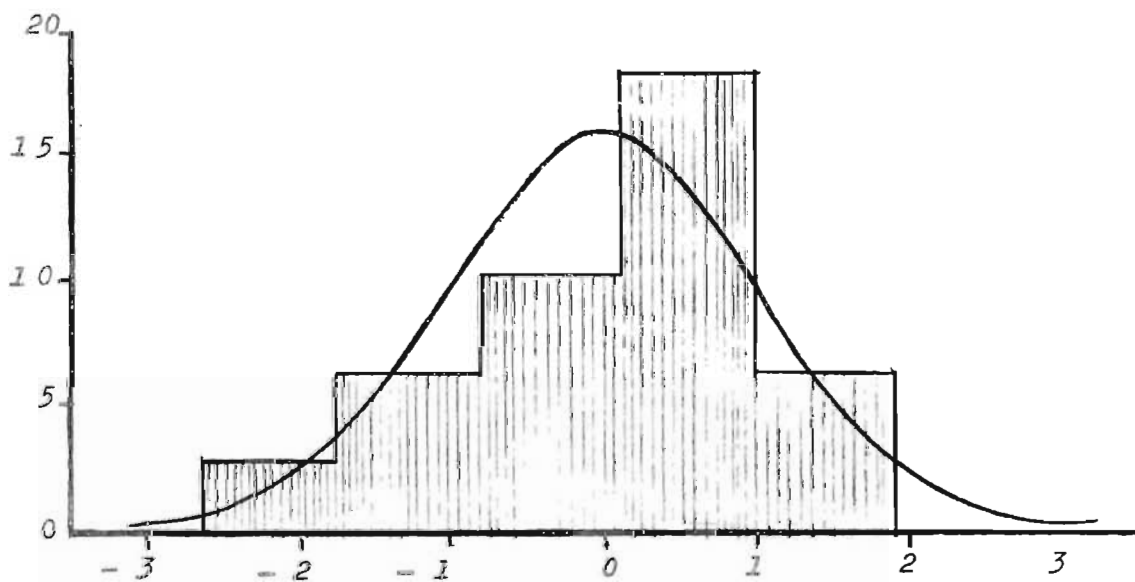
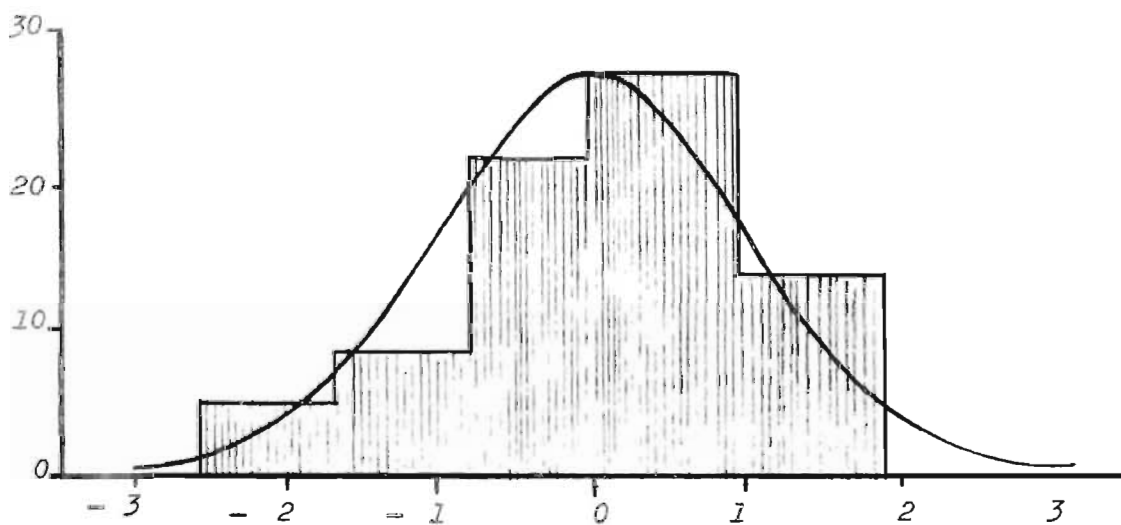
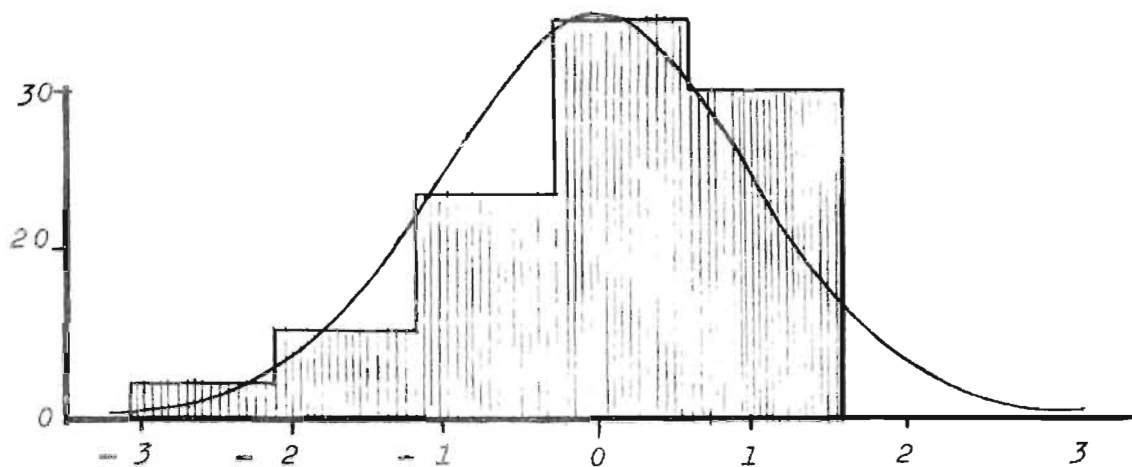
CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA (TERCER SEGUNDO)

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M <sup>2</sup>	91	78 104
2) 1.48 a 1.56 M <sup>2</sup>	95	85 106
3) 1.57 a 1.65 M <sup>2</sup>	95	84 106
4) 1.66 a 1.74 M <sup>2</sup>	98	83 107
5) 1.75 a 1.83 M <sup>2</sup>	102	91 113

El valor considerado como normal en esta capacidad por otros autores es el 97%. En nuestro estudio encontramos que los valores obtenidos superaron todos el 90% y en los estratos de superficie corporal cuatro y cinco el valor fué mayor que el 97%, lo que consideramos la comparación bastante similar.

La representación gráfica nos demuestra que sólo los estratos dos y tres siguieron la tendencia normal, al superponerlos a la curva normal.

CAPACIDAD VITAL CRONOMETRADA 3er. segundo





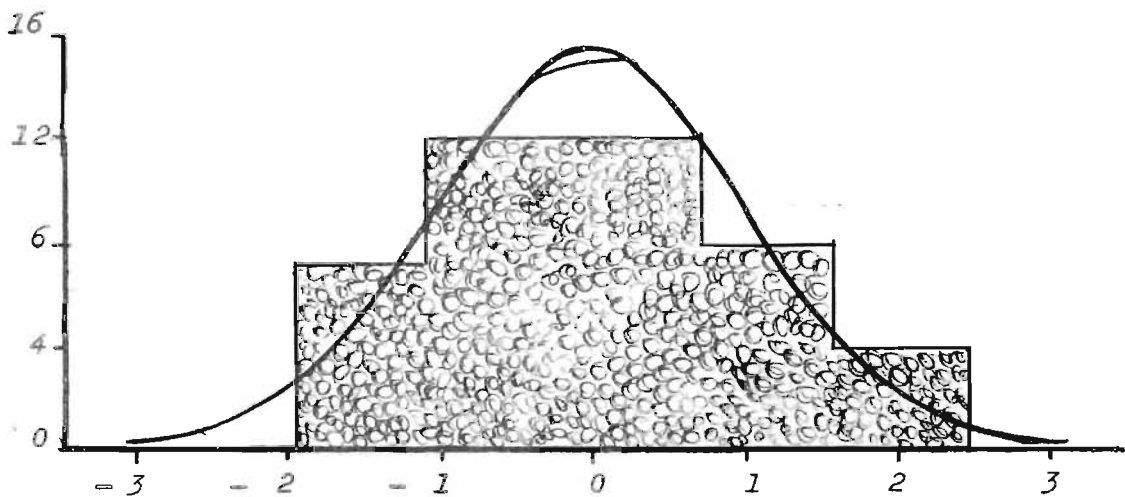
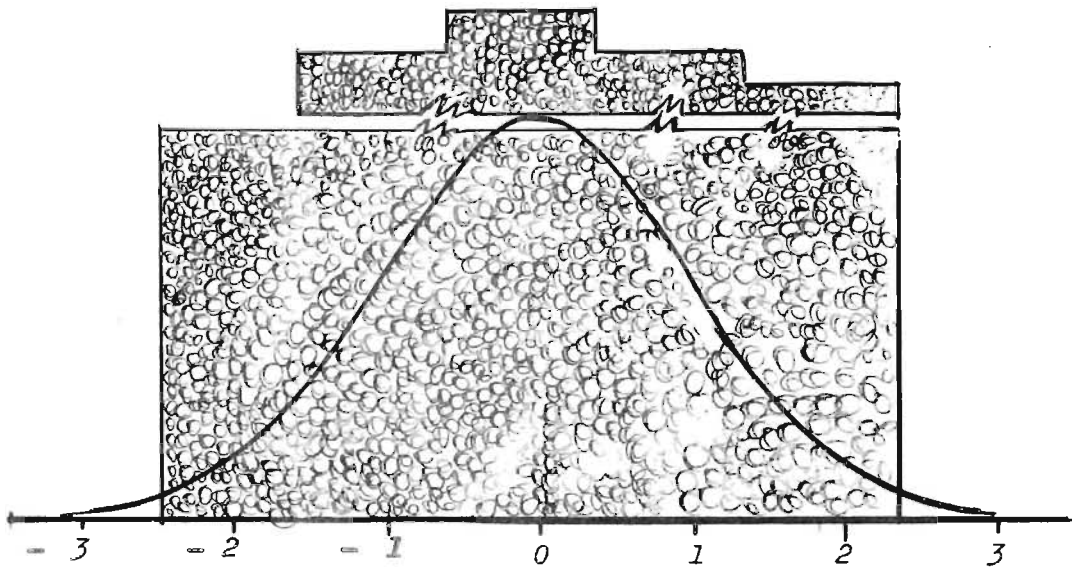
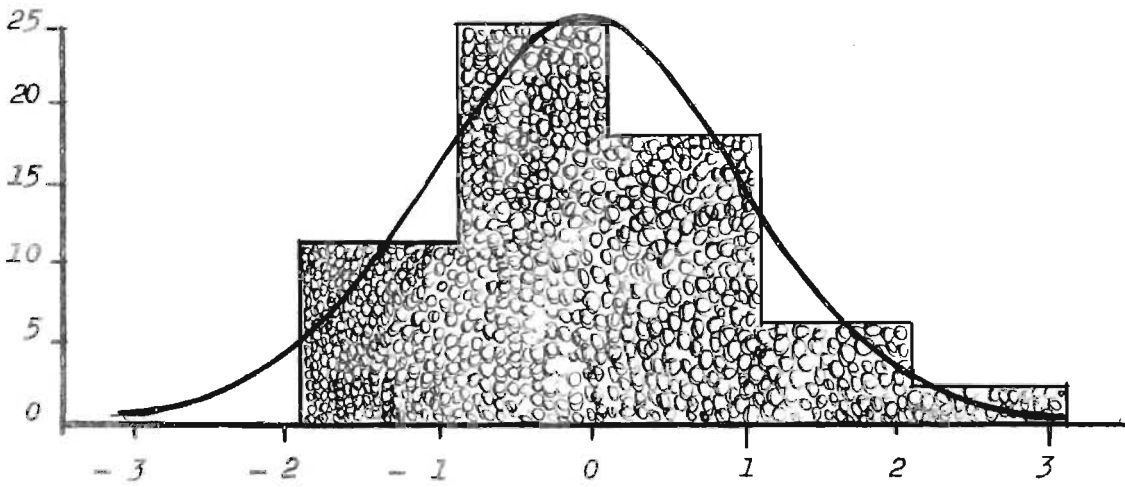
FRECUENCIA RESPIRATORIA POR MINUTO

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	18	14 22
2) 1.48 a 1.56 M2	18	13 21
3) 1.57 a 1.65 M2	17	13 19
4) 1.66 a 1.74 M2	16	12 19
5) 1.75 a 1.83 M2	16	13 19

Analizando los resultados, observamos que en los estratos de superficie corporal menores existe una frecuencia respiratoria por minuto, mayor no sabemos si el tipo somático de los individuos puede ser factor determinante de esta diferencia.

Al comparar estos resultados con los obtenidos por otros autores existe una notoria diferencia, pues éstos dan un valor de doce respiraciones por minuto, inferior al que nosotros observamos. Las representaciones gráficas nos demuestran que sólo el estrato número dos siguió la tendencia de la curva normal.

FRECUENCIA RESPIRATORIA POR MINUTO



VOLUMEN CORRIENTE

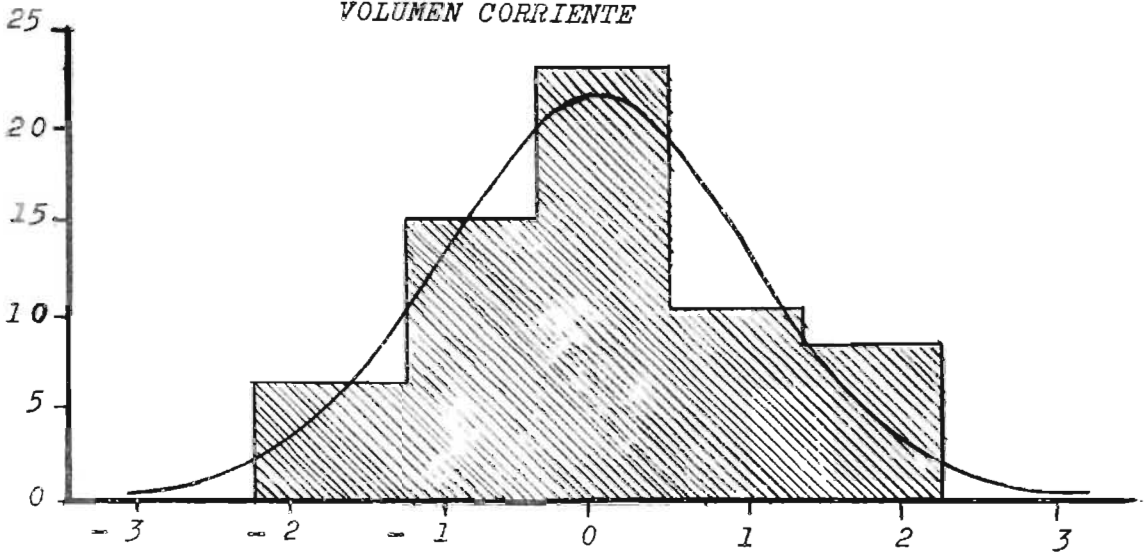
<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	557	468 646
2) 1.48 a 1.56 M2	534	445 623
3) 1.57 a 1.65 M2	563	464 662
4) 1.66 a 1.74 M2	581	519 680
5) 1.75 a 1.83 M2	670	521 819

Los valores de volumen corriente aumentan progresivamente del estrato de superficie corporal menor al mayor; sin embargo casi todos los valores se mantienen entre 500 y 600 mililitros, excepto el número (5) que supera a esos valores. Para este volumen se consigna un valor de 500 mililitros.

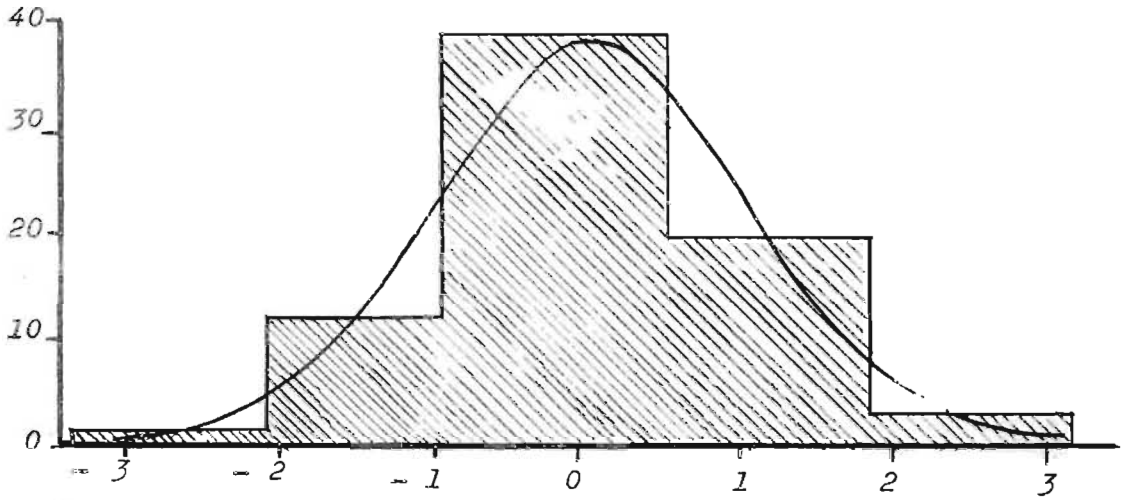
La representación gráfica demuestra que los estratos dos y tres siguieron la tendencia normal.

VOLUMEN CORRIENTE

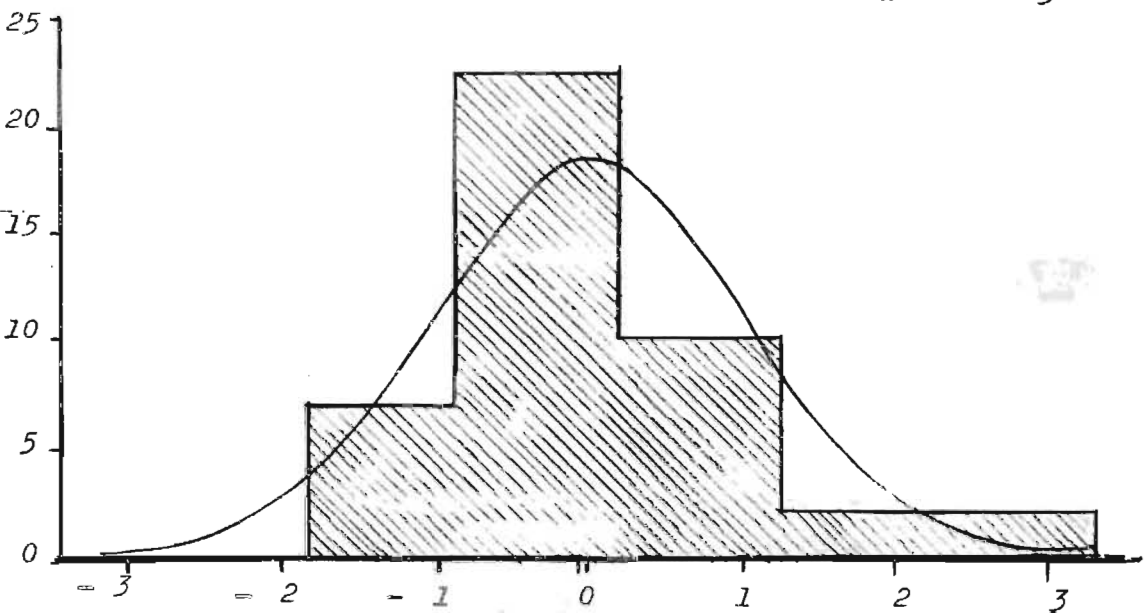
2



3



4



VOLUMEN MINUTO

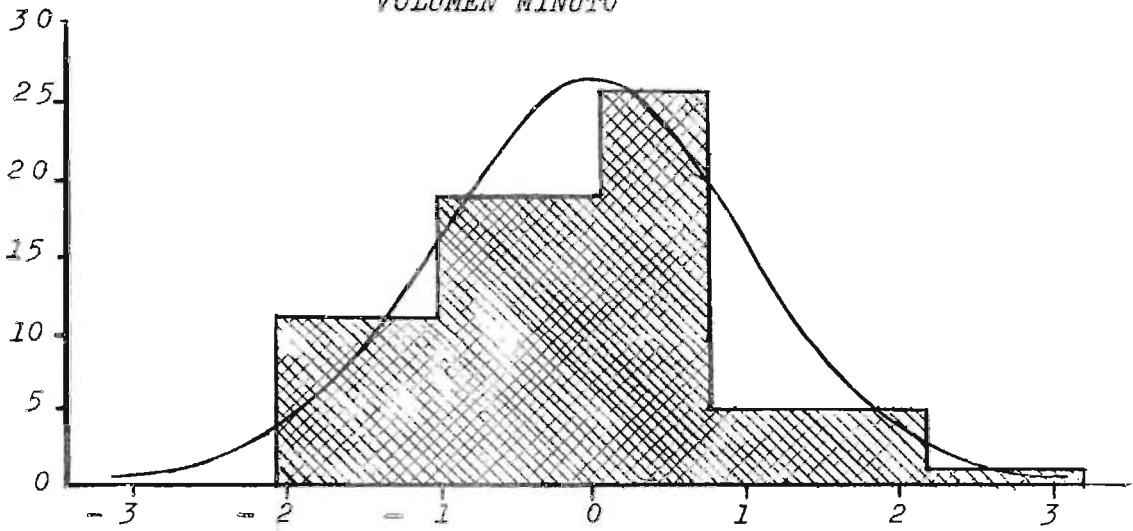
<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	10135	8518 11752
2) 1.48 a 1.56 M2	8932	7560 10001
3) 1.57 a 1.65 M2	8968	7886 10260
4) 1.66 a 1.74 M2	9380	8154 10760
5) 1.75 a 1.83 M2	10347	9026 11668

Comparando estos resultados con el valor que da Comroe<sup>(4)</sup> en sus investigaciones (volumen minuto igual a 6.000 mililitros como promedio normal) nuestras observaciones tienen valores superiores a esa cifra en todos sus estratos, lo cual es explicable si revisamos los valores de la frecuencia respiratoria por minuto.

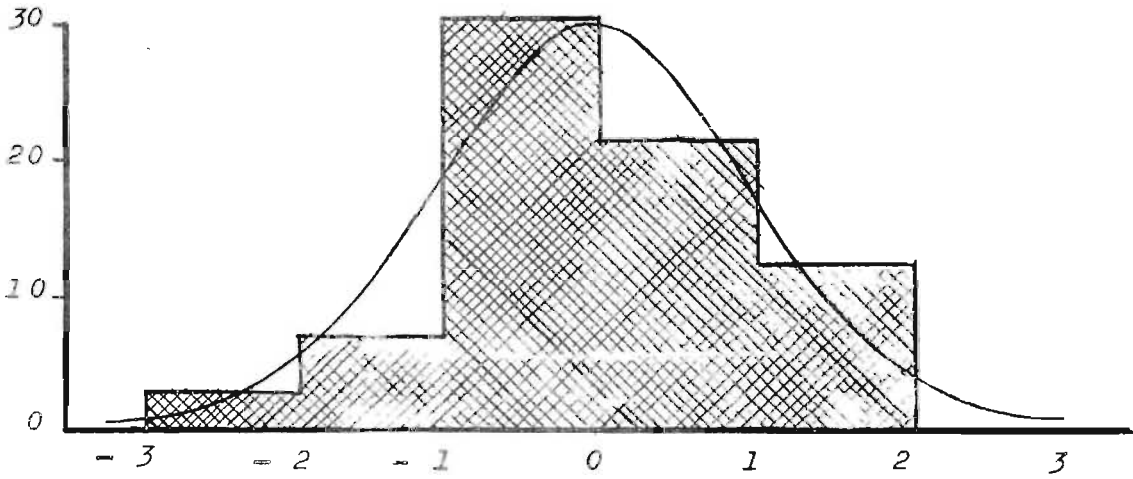
Si observamos las representaciones gráficas vemos que ninguna siguió la tendencia normal, por lo cual se utilizó la variación interporcentila.

VOLUMEN MINUTO

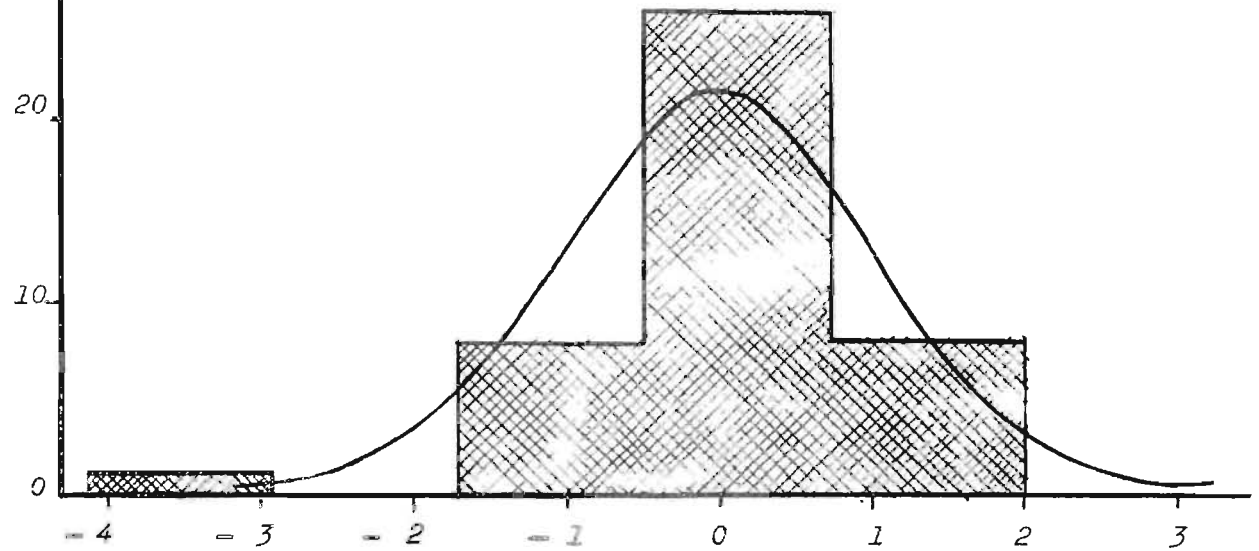
2



3



30



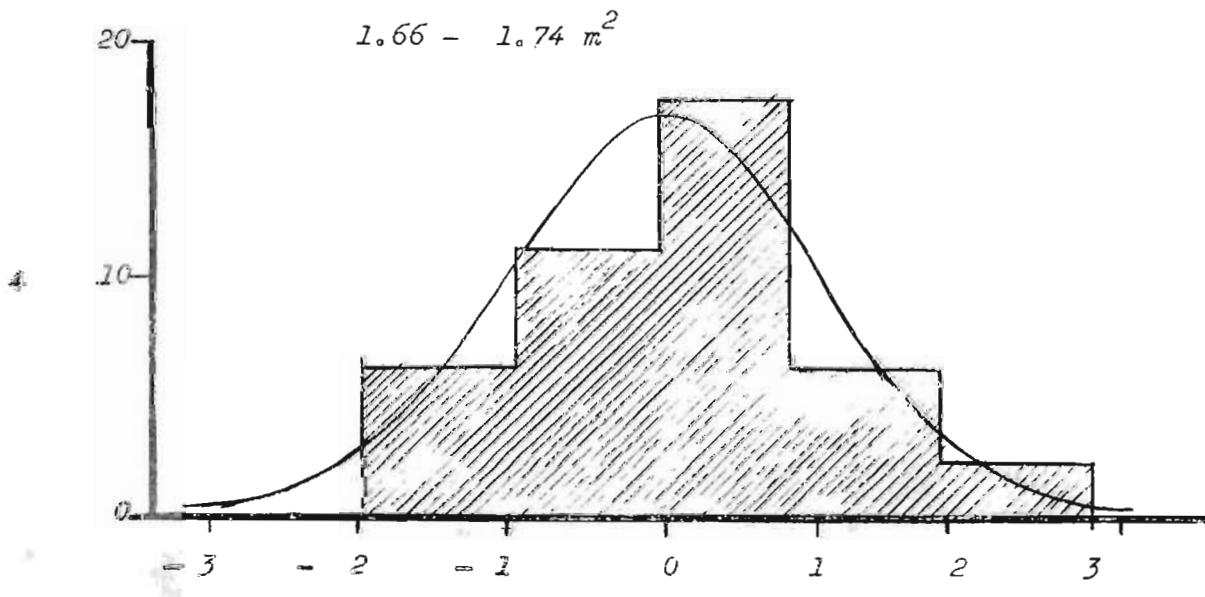
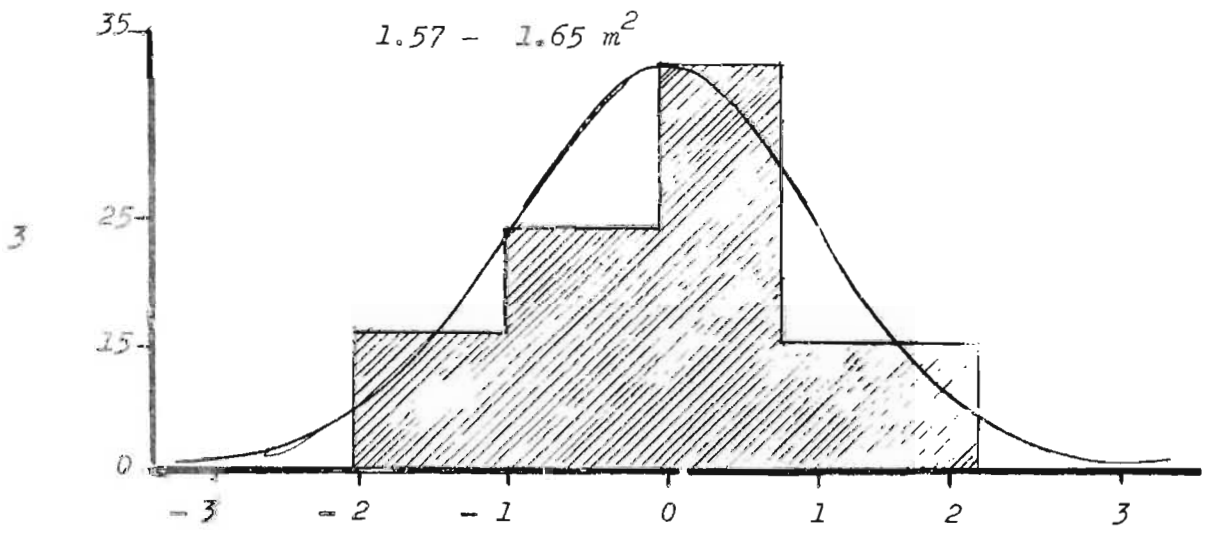
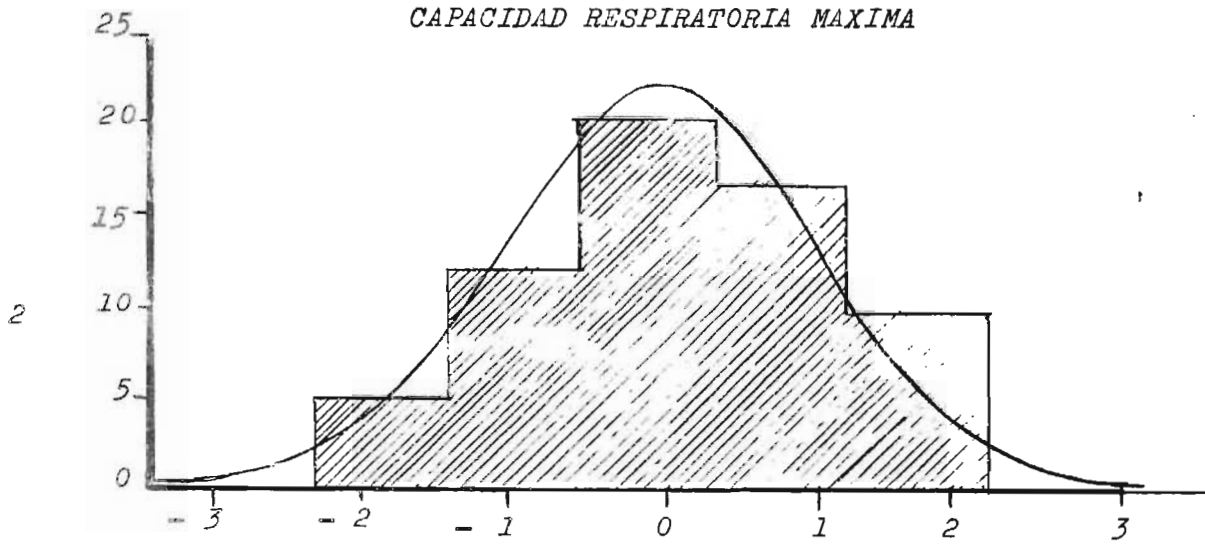
CAPACIDAD RESPIRATORIA MAXIMA

<u>SUPERFICIE CORPORAL</u>	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
1) 1.39 a 1.47 M2	100	84 116
2) 1.48 a 1.56 M2	103	82 123
3) 1.57 a 1.65 M2	108	83 124
4) 1.66 a 1.74 M2	109	90 137
5) 1.75 a 1.83 M2	125	90 160

Estos valores nos revelan un aumento progresivo de capacidad respiratoria máxima de acuerdo con la superficie corporal. Comparandolos con los valores obtenidos por Comroe existe una diferencia notoria, pues este dá un valor que oscila entre 120 a 170 litros; nosotros obtuvimos para 1.70 m<sup>2</sup> de superficie corporal valores que oscilaron entre 90 y 137 litros por minuto y creemos que dicha diferencia reside en el tipo de ejercicio, alimentación y posiblemente condiciones ambientales.

Las representaciones gráficas nos demuestran que sólo el estrato número dos siguió en esta prueba de ventilación la tendencia normal.

CAPACIDAD RESPIRATORIA MAXIMA





VALORES PROMEDIO DE LOS VOLUMENES PULMONARES  
DE ACUERDO CON LA SUPERFICIE CORPORAL.

A continuación se incluyen los cuadros correspondientes a los valores promedio de volúmenes pulmonares, así como sus intervalos de normalidad para los diferentes estratos de superficie corporal estudiados.

*SUPERFICIE CORPORAL DE 1.39 a 1.47 M<sup>2</sup>*

	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
Capacidad Inspiratoria	2440	2022 2858
Reserva Espiratoria	1454	1237 1671
Capacidad Vital	3828	3369 4287
Capacidad Vital Calculada	3607	3548 3666
Porcentaje de Capacidad Vital	106	94 118
Capacidad Vital Cronometrada 1er. segundo	88	99 121
Capacidad Vital Cronometrada 2o. segundo	94	81 106
Capacidad Vital Cronometrada 3er. segundo	91	78 104
Frecuencia Respiratoria por minuto	18	14 22
Volumen corriente	557	468 646
Volumen minuto	10135	8518 11752
Velocidad Inspiratoria Máxima	208	151 264
Velocidad Espiratoria Máxima	242	193 291
Capacidad Respiratoria Máxima	100	84 116

*SUPERFICIE CORPORAL DE 1.48 a 1.56 M2*

	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
<i>Capacidad Inspiratoria</i>	2519	2197 2841
<i>Reserva Espiratoria</i>	1385	1114 1828
<i>Capacidad Vital</i>	3962	3531 4393
<i>Capacidad Vital Calculada</i>	3820	3753 3887
<i>Porcentaje Capacidad Vital</i>	105	96 114
<i>Capacidad Vital Cronometrada 1er. segundo</i>	83	71 96
<i>Capacidad Vital Cronometrada 2o. segundo</i>	95	85 105
<i>Capacidad Vital Cronometrada 3er. segundo</i>	95	85 106
<i>Frecuencia Respiratoria por minuto</i>	18	13 21
<i>Volumen Corriente</i>	534	445 623
<i>Volumen Minuto</i>	8932	7560 10001
<i>Volumen Inspiratoria Máxima</i>	222	131 290
<i>Velocidad Espiratoria Máxima</i>	249	170 339
<i>Capacidad Respiratoria Máxima</i>	102	82 123

*SUPERFICIE CORPORAL DE 1.57 a 1.65 M2*

	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
<i>Capacidad Inspiratoria</i>	2732	2392 3072
<i>Reserva Espiratoria</i>	1419	1165 1674
<i>Capacidad Vital</i>	4171	3776 4566
<i>Capacidad Vital Calculada</i>	4000	3950 4100
<i>Porcentaje Capacidad Vital</i>	104	97 114
<i>Capacidad Vital Cronometrada 1er. segundo</i>	84	70 97
<i>Capacidad Vital Cronometrada 2o. segundo</i>	95	83 103
<i>Capacidad Vital Cronometrada 3er. segundo</i>	95	83 106
<i>Frecuencia Respiratoria por minuto</i>	17	13 19
<i>Volumen corriente</i>	563	464 662
<i>Volumen minuto</i>	8968	7886 10260
<i>Capacidad Respiratoria Máxima</i>	108	83 124
<i>Velocidad Inspiratoria Máxima</i>	210	150 290
<i>Velocidad Espiratoria Máxima</i>	288	188 387

SUPERFICIE CORPORAL DE 1.66 a 1.74 M2

	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
Capacidad Inspiratoria	2819	2514 3373
Reserva Espiratoria	1404	1047 1840
Capacidad Vital	4477	4362 4452
Capacidad Vital Calculada	4225	4150 4300
Porcentaje Capacidad Vital	104	91 115
Capacidad Vital Cronometrada 1er. segundo	81	67 92
Capacidad Vital Cronometrada 2o. segundo	95	78 104
Capacidad Vital Cronometrada 3er. segundo	98	83 107
Frecuencia Respiratoria por minuto	16	12 19
Volumen Corriente	581	519 680
Volumen Minuto	9380	8154 10760
Capacidad Respiratoria Máxima	109	90 137
Velocidad Inspiratoria Máxima	216	152 281
Velocidad Espiratoria Máxima	260	195 349

SUPERFICIE CORPORAL DE 1.75 a 1.83 M2

	<u>MEDIA</u>	<u>INTERVALO DE NORMALIDAD</u>
Capacidad Inspiratoria	3070	2657 3483
Reserva Espiratoria	1785	1519 2051
Capacidad Vital	4882	4394 3370
Capacidad Vital Calculada	4427	4364 4490
Capacidad Vital Cronometrada 1er. segundo	86	75 97
Capacidad Vital Cronometrada 2o. segundo	103	93 113
Capacidad Vital Cronometrada 3er. segundo	102	91 113
Frecuencia Respiratoria por minuto	16	12 19
Volumen Corriente	670	521 819
Volumen Minuto	10347	9026 11668
Capacidad Respiratoria Máxima	125	90 160
Velocidad Inspiratoria Máxima	291	190 392
Velocidad Espiratoria Máxima	288	166 410
Porcentaje Capacidad Vital	104	91 115

C O N C L U S I O N E S

- 1) *Se verificó el estudio de la función pulmonar, analizandola particularmente en lo que respecta a volúmenes pulmonares. Este estudio fué realizado en una muestra compuesta por - doscientas personas normales, soldados de diferentes regimientos del país, cuyas edades estuvieron comprendidas entre 16 y 26 años.*
- 2) *Se hizo un análisis estadístico de la muestra y se reportan los valores promedio en relación con la superficie corporal, los cuales pueden considerarse como normales para - nuestro medio tomando en cuenta la edad, superficie corporal y condiciones de la muestra examinada.*
- 3) *Se compararon algunos valores obtenidos en el estudio con los de otros autores en investigaciones verificadas en otros países.*
- 4) *Se considera que este estudio puede servir de base al análisis de otros grupos en futuras investigaciones.*

B I B L I O G R A F I A

- 1) Gordon, Burgess. L., *Clinical Cardiopulmonary Physiology*. New York, Grune Stratton, 1957
- 2) Armstrong, Bruce W. *Clinical Pulmonary function test*. *Annals of internal medicine*. 51:405-412, 1959
- 3) Baldwin E. de F., Cournaud A., and Richards, D.W. jr. *Pulmonary insufficiency. I Physiological classification clinical methods of analysis, Standard values in normal subjects: Medicine*: 27: 243, 1948.
- 4) Comroe., J. H. et al. *The lung*. Chicago. Year Book Medical Publishers, Inc. 1955, 390 p.
- 5) Cournaud, A., Baldwin, E.F., Darling R.C. and Richards D.W. jr. *Studies on intrapulmonary mixture of gases. The significance of the pulmonary emptying rate and a simplified open circuit measurement of residual air. J. Clin. Invest.*, 20: 681, 1941.
- 6) De Micheli, A., Villacist, E., Guzzy, P., y Rubio, V.: *Observaciones sobre los valores hemodinámicos y respiratorios obtenidos en sujetos normales. Archivos del Instituto de Cardiología de México*. 30:507-520, 1960
- 7) De Shelly, R. *Estadística aplicada a las Ciencias Biológicas* 2a. ed. Caracas, Editora Grafos, 1959.

- 8) Guyton, Artur.C. *Text Book of Medical Physiology*, 2nd. ed. Filadelfia, W.B.Saunders. 1963, 473 p.
- 9) Kory, R.C., Callahan, R., Boren, H.G. and Syner, J.C.: *Clinical Spirometry in Normal Men*, *Am. J. Med.* 30: 243-258, 1961
- 10) Motley, H.L. *The use of pulmonary function test for desability appraisal including evaluation standars in cronic pulmonary disease*. *Dis. Chest* 24: 378, 1953.
- 11) Padilla, T., Cossio, P.,: *Semiología del Aparato respiratorio*. 6a. ed. Buenos Aires, El Ateneo, 1960.
- 12) Pappenheimer J. et al: *Standarization of definitions and simbols in respiratory physiology*. *Fed. proc.* 9: 602 - 605, 1950
- 13) Staines, E.M.: *Función pulmonar. II interpretación de los resultados de las pruebas mas usuales*. *Rev. Mex. Tuber.* 16:12,1955.
- 14) Villacis, E.M.: *Consideraciones sobre las pruebas de función pulmonar*. *Archivos del Instituto de Cardiología de México*. 31: 212 - 234, 1961.
- 15) Cárdenas Loaeza, Manuel., Gil Letechipia, H.: *Pruebas respiratorias*. *Archivos del Instituto de Cardiología de México*. 3: 97- 120, 1956.