



**INSTITUTO POLITÉCNICO
NACIONAL**
ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA



**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN**

**Validez Diagnóstica del Porcentaje de Grasa Corporal por Ecuación de
Hodgdon en la Determinación de Adiposidad en Militares Mexicanos**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRIA EN CIENCIAS
DE LA SALUD**

PRESENTA:

JULIÁN GONZALO GÁNDARA CALDERÓN

Directora de Tesis: Dra. Norma Estela Herrera González

Junio del 2010



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 12:00 horas del día 12 del mes de Mayo del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la E.S.M.

para examinar la tesis titulada:

“Validez Diagnóstica del Porcentaje de Grasa Corporal por Ecuación de Hodgdon en la Determinación de Adiposidad en Militares Mexicanos”

Presentada por el alumno:

Gándara

Apellido paterno

Calderón

Apellido materno

Julián Gonzalo

Nombre(s)

Con registro:

B	0	8	1	3	7	6
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SALUD

Después de intercambiar opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA DEFENSA DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directora de Tesis

Dra. Norma Estela Herrera González

Director de Tesis

M. en C. Juan Pablo García Hurtado

Dra. María Esther Ocharán
Hernández

Dr. Santiago Villafañá Rauda

CALZADA MENDOZA
CLAUDIA CAMELIA

Dra. Claudia Camelia Calzada
Mendoza

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

Dr. Eleazar Lara Padilla



ESCUELA SUPERIOR DE MEDICINA
I.P.N.
SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACION
“CONTROL ESCOLAR”



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México el día 12 del mes Mayo del año 2010, el que suscribe Julián Gonzalo Gándara Calderón, alumno del Programa de Maestría en Ciencias de la Salud con número de registro B081376, adscrito a La Escuela Superior de Medicina, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la Dra. Norma Estela Herrera González y cede los derechos del trabajo intitulado “**Validez Diagnóstica del Porcentaje de Grasa Corporal por Ecuación de Hodgdon en la Determinación de Adiposidad en Militares Mexicanos**”, al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección gonzaloboyes@gmail.com Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Julián Gonzalo Gándara Calderón

Nombre y firma

Este trabajo fue realizado en el Hospital Central Militar y en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional bajo la Dirección de la Dra. Norma Estela Herrera González.

INDICE

Glosario	V
Relación de cuadros y figuras	VI
Resumen	VIII
Abstract.	X
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
III. Planteamiento del problema.....	9
IV. Justificación	9
V. Hipótesis	10
VI. Objetivos	10
A. Objetivo General.....	10
B. Objetivos Particulares.....	10
VII. Material y Métodos.....	11
A. Tipo de Estudio.....	11
B. Ubicación temporal y espacial.	11
C. Criterios de selección de la muestra.....	11
D. Variables.	12
E. Tamaño de la muestra.....	13
F. Descripción operativa del estudio.	14
G. Método estadístico.	18
H. Presupuesto y recursos.....	20
VIII. Resultados	21
IX. Discusión	29
X. Conclusiones	31
XI. Perspectivas	32
XII. Bibliografía	33
X. Anexos	35
Anexo “A”	35

Anexo "B"	36
Anexo "C"	39

GLOSARIO

ACT	Agua corporal total
AIB	Análisis de Impedancia Bioeléctrica
CIPE	Consentimiento Informado por Escrito
IMC	Índice de Masa Corporal
MG	Masa Grasa
MLG	Masa Libre de Grasa
NHLBI	National Heart, Lung and Blood Institute
NIH	National Institutes of Health
NOM	Norma Oficial Mexicana

RELACION DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Clasificación de sobrepeso y obesidad por IMC. Página 3.

Cuadro 2. Porcentaje de grasa corporal máximo permitido para personal perteneciente al Ejército de los Estados Unidos de América. Página 8.

Cuadro 3. Distribución por edades. Página 21.

Cuadro 4. Distribución del porcentaje de grasa corporal por AIB. Página 21.

Cuadro 5. Distribución del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon. Página 22.

Cuadro 6. Distribución del IMC. Página 22.

Cuadro 7. Tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica y el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon. Página 23,

Cuadro 8. Tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica y el índice de masa corporal. Página 24,

Cuadro 9. Área debajo de la curva ROC entre el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 25,

Cuadro 10. Área debajo de la curva ROC entre el índice de masa corporal y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 26,

Cuadro 11. Sensibilidad y especificidad de distintos puntos de corte del porcentaje

de grasa corporal con ecuación de Hodgdon para diagnosticar obesidad usando como criterio de adiposidad el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 27,

Cuadro 12. Sensibilidad y especificidad de distintos puntos de corte del índice de masa corporal para diagnosticar obesidad usando como criterio de adiposidad el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 28.

Figura 1. Medidor de grasa corporal utilizado. Página 6.

Figura 2. Medición de la circunferencia del cuello. Página 15.

Figura 3. Medición de la circunferencia de cintura. Página 16.

Figura 4. Análisis de la curva ROC entre el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 25.

Figura 5. Análisis de la curva ROC entre el índice de masa corporal y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Página 26.

RESUMEN

INTRODUCCION:

El índice de masa corporal (IMC) es el parámetro para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en personal perteneciente al Ejército Mexicano. Existe personal que puede rebasar el límite alto preestablecido de IMC a expensas de músculo y no de grasa, ya que esta prueba no discrimina entre ambos. En el Ejército de los Estados Unidos de América se emplea una prueba antropométrica confirmatoria a quienes rebasan el límite alto de peso corporal preestablecido, misma que calcula el porcentaje de grasa corporal por medio de una ecuación descrita por James A. Hodgdon. En este estudio se evalúa a militares mexicanos del sexo masculino para determinar si en esta población el cálculo del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon sería útil esta prueba confirmatoria.

OBJETIVO:

Determinar la exactitud del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon para diagnosticar exceso de adiposidad por análisis de impedancia bioeléctrica (AIB) en el personal militar masculino.

MATERIAL Y METODOS:

Se realizó una prueba diagnóstica a 250 militares en el activo del sexo masculino, se excluyó un voluntario por contar con mediciones incompletas. Se determinó peso, estatura, circunferencia de cintura, circunferencia de cuello, IMC, porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon y porcentaje de grasa corporal por AIB. Se calculó la sensibilidad y especificidad del porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon y del IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ ambos con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. Se consideró significancia estadística con un valor de $\alpha < 0.05$.

RESULTADOS:

Del total de voluntarios, el 38.6% (n=96) presentaron porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB y se consideraron como verdaderos positivos para exceso de adiposidad. El porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon tiene una sensibilidad del 39.6% y una especificidad del

90.2% con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. El IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ tiene una sensibilidad del 54.2% y una especificidad del 81.0% con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. El porcentaje de grasa corporal = 22% por ecuación de Hodgdon presenta el mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad al ser comparado con el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. El IMC = 27 kg/m^2 presenta el mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB. El área bajo la curva ROC para el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon = 0.768 y el área bajo la curva ROC para el IMC = 0.779.

CONCLUSIONES:

El porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon es menos sensible, pero más específico que el IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ para diagnosticar exceso de grasa corporal por AIB en el personal militar masculino, lo que indica que su determinación es adecuada como prueba confirmatoria en personal militar masculino con IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$.

ABSTRACT

BACKGROUND:

Body mass index (BMI) is the parameter for the diagnosis of overweight and obesity in people belonging to the Mexican Army. There are personnel that can exceed the preset upper limit of BMI at the expense of muscle, not fat, because this test does not discriminate between them. The United States Army uses a confirmatory anthropometric test to people who exceed the preset upper limit of body weight, which calculates the percent body fat by an equation described by James A. Hodgdon. This study evaluated male Mexican military to determine if in this population the percent body fat calculation by Hodgdon's equation is useful as a confirmatory test.

OBJECTIVE:

To determine the accuracy of the percent body fat by Hodgdon's equation to diagnose excess body fat by bioelectrical impedance analysis (AIB) in male military personnel.

MATERIAL AND METHODS:

We performed a diagnostic test to 250 military personnel in the active male, one volunteer was excluded for having incomplete measurements. Weight, height, waist circumference, neck circumference, BMI, percent body fat by Hodgdon's equation and percent body fat by AIB was measured. We calculated the sensitivity and specificity of percent body fat $\geq 25\%$ by Hodgdon's equation and BMI $\geq 28 \text{ kg/m}^2$, both with respect to percent body fat $\geq 25\%$ by AIB. Statistical significance was considered with $\alpha < 0.05$.

RESULTS:

Of all the volunteers, 38.6% ($n = 96$) had percent body fat $\geq 25\%$ by AIB, and were considered true positive for fat excess. Percent body fat $\geq 25\%$ by Hodgdon's equation has a sensitivity of 39.6% and a specificity of 90.2% with respect to percent body fat $\geq 25\%$ by AIB. IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ has a sensitivity of 54.2% and a specificity of 81.0% with respect to percent body fat $\geq 25\%$ by AIB. Percent of body fat = 22% by Hodgdon's equation has the best balance between sensitivity and specificity with respect to percent body fat $\geq 25\%$ by AIB. BMI = 27 kg/m^2 presents the best balance between sensitivity and specificity with respect to percent body fat $\geq 25\%$ by AIB. The area under

ROC curve for percent body fat by Hodgdon's equation = 0.768 and the area under ROC curve for IMC = 0.779.

CONCLUSIONS:

Percent body fat $\geq 25\%$ by Hodgdon's equation is less sensitive but more specific than BMI ≥ 28 kg/m² to diagnose body fat excess by AIB in male military personnel, indicating that its determination is suitable as a confirmatory test in male military personnel with BMI ≥ 28 kg/m².

I. INTRODUCCIÓN.

El índice de masa corporal (IMC) es el parámetro para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en el personal perteneciente al Ejército Mexicano. Existe personal que ya sea por genética o por realizar actividades físicas de manera continua en el trabajo y ser corpulentos, rebasan el límite alto establecido, siendo que muy probablemente esta corpulencia y en ocasiones sobrepeso se debe a expensas de músculo y no de grasa, sin que se cuente con una prueba confirmatoria validada para esta población con el fin evitar diagnosticarlos falsamente como sujetos con exceso de adiposidad.

El Ejército de los Estados Unidos de América emplea una prueba confirmatoria para utilizarse en el personal que rebasa el límite alto establecido de peso con respecto a la talla; prueba que se describe más adelante, y que en el presente estudio se aplica a una muestra de militares mexicanos del sexo masculino para determinar si también en esta población resultaría útil como prueba confirmatoria.

En virtud de que se consideró que el diseño más adecuado para el estudio sería una prueba diagnóstica, se requirió un tercer método para predecir composición corporal, que se utilizó como valor criterio o de referencia con respecto al cual se compararon los dos métodos para determinar adiposidad mencionados arriba; se eligió al análisis de impedancia bioeléctrica que se describe más adelante.

Los datos obtenidos con el presente trabajo analizan si la determinación del IMC es suficiente en militares mexicanos del sexo masculino para determinar exceso de adiposidad o se requiere de alguna prueba confirmatoria como la que utiliza el Ejército de los Estados Unidos de América.

II. ANTECEDENTES.

a. Definición de sobrepeso y obesidad.

Según la Norma Oficial Mexicana (NOM), la obesidad, incluyendo al sobrepeso como un estado premórbido, es una enfermedad crónica caracterizada por el almacenamiento en exceso de tejido adiposo en el organismo, acompañada de alteraciones que predisponen a la presentación de trastornos que deterioran el estado de salud tales como hipertensión arterial, dislipidemia, diabetes mellitus tipo 2, cardiopatía isquémica y algunos tipos de cáncer. Dada su magnitud y trascendencia es considerada en México un problema de salud pública. Dicha NOM determina la existencia de obesidad en adultos cuando existe un IMC mayor de 27 kg/m^2 y en población de talla baja mayor de 25 kg/m^2 ; sobrepeso al estado premórbido de la obesidad, caracterizado por la existencia de un IMC mayor de 25 kg/m^2 y menor de 27 kg/m^2 , en población adulta general y en población adulta de talla baja, mayor de 23 kg/m^2 y menor de 25 kg/m^2 , considerando como talla baja una estatura menor de 1.50 metros en mujeres y 1.60 metros en hombres.¹

La Organización Mundial de la Salud define al sobrepeso como un IMC mayor de 25 kg/m^2 hasta 29.9 kg/m^2 ; y obesidad $\geq 30 \text{ kg/m}^2$ (Ver Cuadro 1).²

Según el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM, 2006) obesidad es una cantidad excesiva de tejido adiposo, la cual se define en adultos jóvenes como porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ en hombres y $\geq 32\%$ en mujeres.³

Cuadro 1
Clasificación de sobrepeso y obesidad por IMC

Grado de Obesidad		IMC (kg/m ²)
Peso bajo		< 18.5
Normal		18.5 – 24.9
Sobrepeso		25.0 – 29.9
Obesidad	I	30.0 – 34.9
	II	35.0 – 39.9
Obesidad Extrema	III	≥ 40

Este cuadro muestra la clasificación de sobrepeso y obesidad de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud.

Fuente: Preventing and Managing the Global Epidemic of Obesity. Report of the World Health Organization Consultation of Obesity. WHO, Geneva, Junio 1997.

b. Marcadores de adiposidad más empleados.

El IMC (peso /estatura²), ha sido definido por la Organización Mundial de la Salud y los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos de América (NIH) como el parámetro para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad.^{2, 4}

Numerosos estudios muestran que el IMC puede inducir a errores en la predicción de la adiposidad a nivel individual. Algunos sujetos, especialmente hombres, portadores un IMC ≥ 28 kg/m², pueden ser clasificados como portadores de sobrepeso siendo que presentan un porcentaje de grasa corporal medido < 25% (falsos positivos); esta circunstancia se observa en un 29.4% de los hombres evaluados por Carrasco y cols., mediante análisis de impedancia bioeléctrica (AIB), lo que traduce una especificidad del 70.6% del IMC ≥ 28 kg/m² para predecir exceso de adiposidad (porcentaje de grasa corporal ≥ 25%) medido por AIB.⁵

c. Obesidad como factor de riesgo a la salud.

Datos de estudios epidemiológicos ha demostrado una correlación directa entre el IMC y el riesgo de complicaciones médicas y tasa de mortalidad. Mujeres y hombres con $\text{IMC} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ son considerados obesos y están con un riesgo mayor de efectos adversos a la salud que aquéllos considerados con sobrepeso (IMC entre 25 kg/m^2 y 29.9 kg/m^2) o delgados (IMC entre 18.5 kg/m^2 y 24.9 kg/m^2).⁶

La obesidad central (visceral, abdominal) tiene mayor asociación con complicaciones metabólicas y cardiovasculares que la obesidad periférica. Las evidencias clínicas de tal asociación son tan abrumadoras que la estimación de la obesidad abdominal ha desplazado al IMC como marcador clínico de riesgo. La medición precisa del contenido de grasa abdominal requiere el empleo de técnicas de imagen costosas, en virtud de lo anterior, la circunferencia de cintura a menudo se usa como marcador subrogado de grasa abdominal y se asocia con riesgo de enfermedad cardiometabólica. Actualmente, para muchos autores, el objetivo real del tratamiento de la obesidad consiste en reducir el perímetro de la cintura más que en disminuir el IMC.^{6, 7} Algunos expertos como la National Heart, Lung and Blood Institute (NHLBI) han recomendado complementar el IMC con la estimación de la grasa abdominal midiendo la circunferencia de la cintura.⁸

d. Métodos para estimar la composición corporal.

Los métodos para estimar la composición corporal in vivo son diversos, destacando entre ellos el AIB y la antropometría, que se describen a

continuación; además existen otros que regularmente son complejos en su realización y con equipo sofisticado, entre ellos la hidrodensitometría, pletismografía por desplazamiento de aire, densitometría de energía dual por rayos X, espectroscopía por resonancia magnética, escáner fotónico tridimensional, técnicas de dilución de isótopos, entre otros. Los métodos para determinar composición corporal más sencillos realizan la determinación en base a dos compartimientos: masa grasa (MG) y masa libre de grasa (MLG), donde la MG resulta de restar la MLG a la masa corporal; otros más modernos como los de cuatro compartimientos calculan la MG y particionan la MLG en agua corporal total (ACT) y sólidos no grasos (minerales y proteínas corporales totales); la mayor complejidad de los equipos regularmente radica en la capacidad de particionar la MLG y no tanto en la exactitud en la determinación de la MG.^{9, 10}

1. Análisis de impedancia bioeléctrica.

El AIB es un método ampliamente utilizado para estimar la composición corporal. Mide la oposición de los tejidos corporales al flujo de una corriente alterna (menor de 1 mA) que pasa entre dos electrodos, usualmente colocados en las muñecas y tobillos. Se basa en un modelo de composición corporal de dos compartimientos (MG y MLG).^{10, 11}

Los dispositivos portátiles (ver Figura 1) han mostrando una adecuada reproducibilidad antes y después de 30 minutos ($r=0.97$) y sin mostrar diferencias significativas ($p>0.05$) con respecto a la hidrodensitometría y adecuada correlación con la medición de pliegues cutáneos ($r=0.956$).^{11, 12}

Figura 1
Medidor de grasa corporal utilizado.



En esta figura se muestra el medidor de grasa corporal marca Citizen modelo BM100 utilizado para determinar el porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica.

Fuente: Directa.

2. Antropometría.

Es el estudio de las medidas del cuerpo humano con el objeto de establecer diferencias entre individuos. La antropometría para el cálculo de composición corporal emplea diversas ecuaciones predictivas incorporando medición de pliegues cutáneos y otras dimensiones (estatura, circunferencias corporales, etc). Se han desarrollado ecuaciones generalizadas que se ajustan para la edad, otras basadas en los avances en la metodología de la composición corporal y modelos de varios compartimientos también están disponibles para la población general. Existe un grado de error asociado con las mediciones *per se* y con las ecuaciones de predicción. El error estándar de estimación asociado con las ecuaciones disponibles para predecir densidad corporal generalmente

varía entre 2 y 5%.¹⁰

e. Determinación de obesidad en las Fuerzas Armadas.

La Ley del Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas Mexicanas (ISSFAM) aplica los criterios para determinar las categorías y grados de accidentes o enfermedades que dan origen a retiro por incapacidad o a cambio de arma a servicio a petición de un consejo médico; el Artículo 226 establece como trastorno funcional de menos del 20% en caso de que el militar presente un IMC entre 28 kg/m² y 29.9 kg/m², incapacidad en Tercera Categoría con IMC entre 30 kg/m² y 34.9 kg/m²; incapacidad en Segunda Categoría con IMC entre 35 kg/m² y 39.9 kg/m² e incapacidad en Primera Categoría con IMC \geq 40 kg/m².¹³ No se cuenta con una prueba confirmatoria en caso de que el militar presenta exceso de peso corporal a expensas de músculo y no de grasa.

El Ejército de los Estados Unidos de América emplea una regulación llamada "The Army Weight Control Program" con la finalidad de asegurarse que el personal es capaz tanto de satisfacer las demandas físicas de sus deberes bajo condiciones de combate como de presentar adecuada apariencia militar en todo momento. Ellos consideran que el exceso de grasa corporal además de ser un riesgo a la salud del personal, traduce una falta de disciplina y resta apariencia militar. El personal es evaluado por lo menos cada 6 meses. A quienes excedan la tabla de peso ideal para talla ya estandarizada, se les realiza una prueba confirmatoria, que es una determinación del porcentaje de grasa corporal por medio de la ecuación descrita por James A. Hodgdon, que

para su cálculo toma en cuenta estatura y circunferencias corporales específicas (cuello y abdomen en hombres, además cadera en mujeres) y en base a su resultado se establecen normas para el porcentaje máximo permitido de grasa corporal de acuerdo al sexo y edad (ver Cuadro 2).

Cuadro 2
Porcentaje de grasa corporal máximo permitido para personal perteneciente al Ejército de los Estados Unidos de América.

Grupo de edad: 17-20
Hombres (% de grasa corporal): 20%
Mujeres (% de grasa corporal): 30%
Grupo de edad: 21-27
Hombres (% de grasa corporal): 22%
Mujeres (% de grasa corporal): 32%
Grupo de edad: 28-39
Hombres (% de grasa corporal): 24%
Mujeres (% de grasa corporal): 34%
Grupo de edad: 40 o más.
Hombres (% de grasa corporal): 26%
Mujeres (% de grasa corporal): 36%

Este cuadro muestra el porcentaje máximo permitido de grasa corporal para cada grupo de edad en ambos sexos del personal perteneciente al Ejército de los Estados Unidos de América y que se emplea como prueba confirmatoria a quienes sobrepasan lo establecido en la tabla de peso máximo para su estatura.
Fuente: Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

Dicha ecuación fue validada con respecto a hidrodensitometría con un coeficiente de correlación de 0.903 y un error estándar de 3.52%.^{14, 15}

La ecuación es la siguiente: Porcentaje de grasa corporal = [86.010 x Log (promedio de la circunferencia de cintura – promedio de la circunferencia

del cuello)] – [70.041 x Log (estatura)] + 36.76. ^{15*}

*Nota: Las unidades se establecen en pulgadas.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Es común que militares mexicanos del sexo masculino no acrediten buena salud por presentar IMC ≥ 28 kg/m², en algunos casos a expensas de masa muscular y no de grasa, ya que este método no discrimina entre ambas. Es necesario validar una prueba adicional confirmatoria para estos casos, se propone la determinación del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

a. Pregunta de Investigación.

¿Cuál es la especificidad del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon para predecir exceso de adiposidad en militares mexicanos del sexo masculino con respecto al porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica?

IV. JUSTIFICACIÓN.

El IMC actualmente es la herramienta para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad para el personal perteneciente al Ejército Mexicano, es fácil de realizar y es reproducible, por lo que es una buena prueba de cribado. Ya que la Ley del ISSFAM toma en cuenta al IMC para diagnosticar grados de incapacidad por sobrepasar el límite alto establecido de 28 kg/m², existe la sospecha de individuos que rebasan este límite a expensas de masa muscular y no por exceso de adiposidad, mismos que serían beneficiados con una prueba más específica. Una prueba confirmatoria útil requiere una especificidad >70.6%, que es lo

reportado para el IMC = 28 kg/m² por Carrasco y cols.⁵ Existen varios métodos para evaluar la composición corporal, los más sofisticados se llevan a cabo con equipo costoso y no están al alcance de la población en general; por lo cual, la prueba confirmatoria debe ser económica, fácil de realizar y reproducible, para tal efecto se eligió la determinación del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon, que es la utilizada para personal perteneciente al Ejército de los Estados Unidos de América.

V. HIPÓTESIS.

- a. Hipótesis de trabajo: El porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon tiene una especificidad $\geq 71\%$ para predecir exceso de adiposidad medido por AIB.
- b. Hipótesis nula: El porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon tiene una especificidad $< 71\%$ para predecir exceso de adiposidad medido por AIB.

VI. OBJETIVOS.

A. General.

Determinar la exactitud del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon para diagnosticar exceso de adiposidad por AIB en el personal militar masculino.

B. Particulares.

- a. Determinar la exactitud del IMC para diagnosticar exceso de adiposidad

- por AIB en el personal militar masculino.
- b. Determinar la prevalencia de voluntarios con porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $\geq 25\%$.
- c. Determinar la prevalencia de voluntarios con IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$.

VII. MATERIAL Y MÉTODOS.

A. TIPO DE ESTUDIO.

- a. Por el tipo de diseño es una prueba diagnóstica.
- b. Por la temporalidad es prospectivo.
- c. Por el tipo de intervención es observacional.
- d. Por el tipo de análisis es comparativo y analítico.
- e. Por su método de observación es transversal.

B. UBICACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL

El estudio se realizó entre el 1º de junio del 2009 y el 15 de mayo del 2010 en el Hospital Central Militar y otros escalones del servicio de Sanidad en la Plaza de México y Toluca, Edo.Mex. (Sección Sanitaria de la Escuela Superior de Guerra, Enfermería del Campo Militar 1-A y Pelotón de Sanidad del 25/o Batallón de Infantería).

C. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE LA MUESTRA.

- a. Criterios de Entrada.
 - 1. Criterios de inclusión.
 - i. Sexo masculino.

- ii. Militares en el activo.
- iii. Sin enfermedades conocidas.
- iv. Ayuno previo a las mediciones.
- v. CIPE (consentimiento informado por escrito).

2. Criterios de no inclusión.

- i. Deshidratación.
- ii. Ejercicio vigoroso dentro de las 8 horas previas al estudio.

b. Criterios de Salida.

1. Criterios de Exclusión.

- i. Ninguno.

2. Criterios de Eliminación.

- i. Retiro del CIPE.
- ii. Voluntarios con mediciones incompletas.

D. VARIABLES

a. Independiente:

- 1. Porcentaje de grasa corporal medido por AIB: cualitativa nominal dicotómica ($< 25\%$ normal; $\geq 25\%$ anormal).

b. Dependientes:

- 1. Porcentaje de grasa corporal calculado por ecuación de Hodgdon:

cualitativa nominal dicotómica (< 25% normal; ≥ 25% anormal).

2. Índice de masa corporal: cualitativa nominal dicotómica (< 28 kg/m² normal; ≥ 28 kg/m² anormal).

E. TAMAÑO DE LA MUESTRA

- a. Para el cálculo del tamaño de muestra (N) se consideró una seguridad del 95% ($\alpha = 0.05$) y un poder estadístico $1-\beta = 80\%$. Para una hipótesis unilateral, $z\alpha = 1.645$ (para un error alfa de 0.05) y $z\beta = 0.842$ (para un error beta de 0.20). El cálculo se realizó de acuerdo a la especificidad (SP) ya que fue la finalidad del estudio. La menor especificidad aceptable fue del 85%, la precisión (W) requerida fue 5% y se tomó en cuenta una prevalencia (P) estimada del 20% de voluntarios con IMC ≥ 28 kg/m² en una muestra al azar. Para propósitos de cálculo, los valores de SP y P se expresaron en números del 0 al 1 más que como porcentajes. Se hizo el cálculo en base a la menor SP aceptable (0.85). Se empleó la fórmula para estimar una proporción.

$$FP + VN = Z\alpha^2 \times \frac{[SP (1-SP)]}{W^2}$$

$$N (sp) = \frac{FP+VN}{(1 - P)}$$

En base a lo anterior, se requería una N de 245 voluntarios.

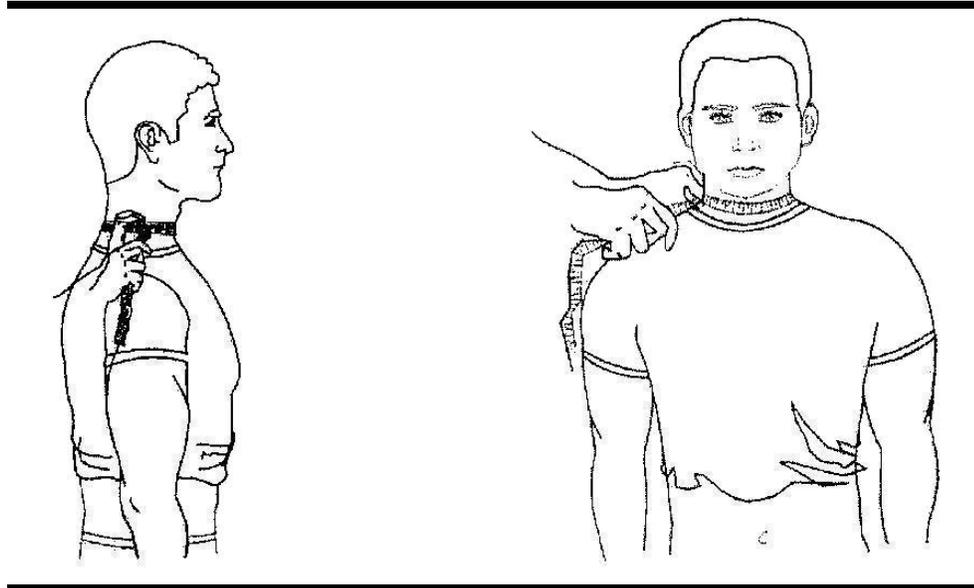
F. DESCRIPCIÓN OPERATIVA DEL ESTUDIO.

- a. El muestreo fue consecutivo no probabilístico. Cada voluntario fue su propio control.
- b. Posterior a explicar a cada uno de los voluntarios la finalidad del estudio y el procedimiento a seguir, se les solicitó a través de una carta (ver ANEXO "A") el consentimiento informado por escrito para participar en este trabajo. La mayoría de las mediciones que se describen a continuación fueron realizadas por la misma persona con un procedimiento estandarizado y los datos obtenidos anotados en la hoja de recolección de datos (ver ANEXO "C").
- c. Material empleado.
Báscula graduada en kilogramos, cinta métrica flexible no elástica graduada en centímetros y en pulgadas, medidor de grasa corporal marca CITIZEN BM100, calculadora.
- d. Medición de la estatura.
Se midió en metros (m) con el sujeto de pie sin zapatos, sobre una superficie plana, con la barbilla paralela al piso con el cuerpo recto, mas no rígido, de espalda al estadiómetro con los glúteos y talones pegados al mismo, con la lectura del contador correspondiendo a la distancia máxima desde el suelo hasta el vértex.
- e. Medición del peso.
Se midió en kilogramos (kg), con el voluntario situado al centro de la báscula, vistiendo short y camiseta, sin zapatos, con los calcetines, con la región de los dedos de los pies ligeramente separados una de la otra.

f. Medición de la circunferencia del cuello.

Se midió en centímetros (cm), en un punto inmediatamente por debajo de la laringe (manzana de Adán). Los voluntarios a medir se colocaron erguidos durante la medición, con los hombros abajo (no encogidos). La cinta métrica se colocó lo más cerca posible al plano horizontal haciendo contacto con la piel sin llegar a comprimir tejidos profundos. Teniendo cuidado de no envolver músculos de cuello/hombros (trapecio) en la medición. Se midió en 3 ocasiones y se calculó un promedio de las mismas (ver Figura 2).

Figura 2
Medición de la circunferencia del cuello.



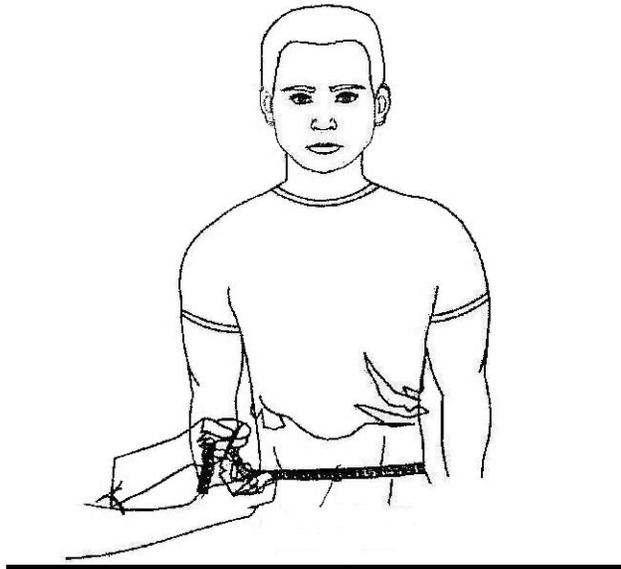
En esta figura se muestra la técnica estandarizada para realizar la medición de la circunferencia de cuello y calcular del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

Fuente: Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

g. Medición de la circunferencia de cintura.

Se midió en centímetros (cm), con el individuo de pie, brazos ligeramente separados del cuerpo, el examinador se colocó al lado derecho del voluntario, la cinta métrica se colocó a nivel del ombligo, lo más cerca posible al plano horizontal haciendo contacto con la superficie del abdomen sin llegar a comprimir los tejidos profundos. Se midió en 3 ocasiones y se calculó un promedio de las mismas (ver Figura 3).

Figura 3
Medición de la circunferencia de cintura.



En esta figura se muestra la técnica estandarizada para realizar la medición de la circunferencia de cintura y calcular el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

Fuente: Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

h. Medición del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

Se determinó de acuerdo con los lineamientos establecidos por el programa de control de peso del Ejército de los Estados Unidos de America y se calculó posterior a la medición de estatura, circunferencia del cuello y abdomen.²

Se requirió que las mediciones ya realizadas reportadas en centímetros, fueran convertidas a pulgadas.

Para la estatura, las pulgadas resultantes de la conversión fueron redondeadas como sigue: si resultó un número fraccionario, éste fue redondeado a la $\frac{1}{2}$ pulgada inmediata superior más cercana (los números resultantes fueron múltiplos de 0.5 pulgadas).

Los valores resultantes del cálculo del promedio de las tres mediciones de la circunferencia del cuello y abdomen también fueron convertidos de centímetros a pulgadas y en caso de haber arrojado un número fraccionario, fueron redondeados como sigue: la cifra fraccionaria del promedio de la circunferencia de cuello fue redondeada a la $\frac{1}{2}$ pulgada superior más cercana, en cambio, la cifra fraccionaria del promedio de la circunferencia de abdomen fue redondeada a la $\frac{1}{2}$ pulgada inferior más cercana (los números resultantes fueron múltiplos de 0.5 pulgadas).

Se calculó el valor de las circunferencias en pulgadas, restando el promedio de la circunferencia del cuello al promedio de la circunferencia del abdomen (valor de las circunferencias = promedio de la circunferencia abdominal – promedio de la circunferencia del cuello).

El porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon de cada voluntario es el valor que intercepta el valor de las circunferencias y la estatura en pulgadas de cada voluntario (redondeada como se indica arriba). (Ver Anexo “B”).

Nota: En caso de no contar con las tablas arriba mencionadas, en la siguiente fórmula se sustituyen los valores utilizando pulgadas: Porcentaje

de grasa corporal = $[86.010 \times \text{Log} (\text{promedio de la circunferencia abdominal} - \text{promedio de la circunferencia del cuello})] - [70.041 \times \text{Log} (\text{estatura})] + 36.76$.¹⁵

i. Medición del porcentaje de grasa corporal por AIB.

El AIB se realizó con el monitor CITIZEN BM 100[®], que mide la impedancia de brazo a brazo a lo largo de la cintura escapular, en la pared superior del tronco.¹⁶ Las mediciones se realizaron en ayunas, sin haber realizado ejercicio en las 12 horas previas, sin anillos, pulseras o relojes, por triplicado con un minuto de separación entre ellas. Previa aplicación de gel antibacterial en ambas manos, los individuos se colocaron sentados, con los brazos ligeramente extendidos hacia el frente y los antebrazos apoyándose en una mesa, sosteniendo el monitor con ambas manos siguiendo las indicaciones del fabricante, manteniéndose en la misma posición durante las tres mediciones. El límite alto en el porcentaje de grasa corporal se estableció de acuerdo a lo recomendado por el Colegio Americano de Medicina del Deporte, siendo éste en adultos jóvenes un porcentaje de grasa corporal >25% en hombres.³

G. MÉTODO ESTADÍSTICO.

- a. Los resultados fueron tabulados en una hoja de cálculo. Se utilizó el programa SPSS 16.0 para el análisis estadístico de los resultados.
- b. Los individuos portadores de porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $\geq 25\%$ fueron considerados positivos para la prueba; los que resultaron con porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$ fueron considerados como verdaderos positivos en cuanto a exceso de grasa

corporal. De acuerdo a esas clasificaciones, se establecieron cuatro posibles resultados al emplear:

1. Verdaderos positivos: Porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $\geq 25\%$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.
 2. Falsos positivos: Porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $\geq 25\%$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $< 25\%$.
 3. Verdaderos negativos: Porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $< 25\%$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $< 25\%$.
 4. Falsos negativos: Porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon $< 25\%$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.
- c. Los individuos portadores de IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ fueron considerados positivos para la prueba; los que resultaron con porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$ fueron considerados como verdaderos positivos en cuanto a exceso de grasa corporal. De acuerdo a esas clasificaciones, se establecieron cuatro posibles resultados al emplear:
1. Verdaderos positivos: IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.
 2. Falsos positivos: IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $< 25\%$.
 3. Verdaderos negativos: IMC $< 28 \text{ kg/m}^2$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $< 25\%$.
 4. Falsos negativos: IMC $< 28 \text{ kg/m}^2$ y porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.
- d. Se determinó la sensibilidad y especificidad del porcentaje de grasa

corporal por ecuación de Hodgdon $\geq 25\%$ con respecto al porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.

- e. Se determinó la sensibilidad y especificidad del IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ con respecto al porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$.
- f. Se realizaron tablas de sensibilidad y especificidad para distintos puntos de corte de porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon con respecto al porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$, para luego graficar en curvas ROC (Receiver Operator Characteristic).
- g. Se realizaron tablas de sensibilidad y especificidad para distintos puntos de corte de IMC con respecto al porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$, para luego graficar en curvas ROC (Receiver Operator Characteristic).
- h. Se fijaron los mejores puntos de corte como aquéllos más cercanos al ángulo superior izquierdo de las gráficas de las curvas ROC.
- i. Se determinó significancia estadística con un valor de $\alpha < 0.05$.

H. PRESUPUESTO Y RECURSOS.

Fueron cubiertos por el autor.

VIII. RESULTADOS.

Se incluyeron 250 voluntarios de los cuales se excluyó uno en virtud de contar con mediciones incompletas. El rango de edad de los voluntarios fue entre 19 y 52 años, militares en el activo del sexo masculino, de los cuales, el grupo de edad predominante fue entre 30 y 39 años (ver Cuadro 3).

Cuadro 3
Distribución por edades.

Grupos de edad	
19-29 años	95 (38%)
30-39 años	136 (55%)
≥ 40 años	18 (7%)
Total de voluntarios evaluados	249

En este cuadro se describe la distribución por edades de los sujetos evaluados. **Fuente:** Directa.

Del total de voluntarios, el 38.6% (n=96) presentaron porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB y se consideraron como verdaderos positivos para exceso de adiposidad (ver Cuadro 4).

Cuadro 4
Distribución del porcentaje de grasa corporal por AIB.

	Frecuencia	Porcentaje (%)
< 25% (negativos)	153	61.4
$\geq 25\%$ (positivos)	96	38.6
Total	249	100

En este cuadro se describe la distribución del porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica en los sujetos evaluados. Los puntos de corte se basan en los establecidos por el Colegio Americano de Medicina del Deporte.³

Fuente: Directa.

Del total de voluntarios, el 21.3% (n=53) presentó porcentaje de grasa corporal \geq 25% por ecuación de Hodgdon y se consideraron como positivos para exceso de adiposidad en dicha prueba (ver Cuadro 5).

Cuadro 5
Distribución del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

	Frecuencia	Porcentaje (%)
< 25% (negativos)	196	78.7
\geq 25% (positivos)	53	21.3
Total	249	100

En este cuadro se describe la distribución del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon en los sujetos evaluados. Los puntos de corte se basan en los establecidos por el Colegio Americano de Medicina del Deporte.³ **Fuente:** Directa.

Del total de los voluntarios, el 32.5% (n=81) presentó IMC \geq 28 kg/m² y se consideraron como positivos para exceso de adiposidad en dicha prueba (ver Cuadro 6).

Cuadro 6
Distribución del IMC.

	Frecuencia	Porcentaje (%)
IMC < 28 kg/m ² (negativos)	168	67.5
IMC \geq 28 kg/m ² (positivos)	81	32.5
Total	249	100

En este cuadro se describe la distribución del índice de masa corporal en los sujetos evaluados. El punto de corte se basa en el establecido en la Ley del ISSFAM.¹³ **Fuente:** Directa.

Se realizó una tabulación cruzada entre los resultados del porcentaje de grasa corporal \geq 25% por AIB, misma que se tomó como prueba de referencia, y el porcentaje de grasa corporal \geq 25% por ecuación de Hodgdon, encontrando que

esta última tiene una sensibilidad del 39.6% y una especificidad del 90.2% (ver Cuadro 7).

Cuadro 7
Tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por AIB y el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon.

			% grasa corporal por ecuación de Hodgdon		Total
			≥25.0	< 25.0	
% grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica	≥25.0	Número de voluntarios	38	58	96
		Porcentaje	39.6%	60.4%	100.0%
	< 25.0	Número de voluntarios	15	138	153
		Porcentaje	9.8%	90.2%	100.0%
Total		Número de voluntarios	53	196	249
		Porcentaje	21.3%	78.7%	100.0%

En este cuadro se describe la tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica (prueba de referencia) y el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon (prueba a evaluar). **Fuente:** Directa.

En base a lo anterior se rechaza la Hipótesis nula y se acepta la Hipótesis de trabajo que establece: El porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon tiene una especificidad $\geq 71\%$ para detectar exceso de adiposidad medido por AIB.

Se realizó una tabulación cruzada entre los resultados del porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB, misma que se tomó como prueba de referencia, y el índice de masa corporal $\geq 28 \text{ kg/m}^2$, encontrando que este último tiene una sensibilidad del 54.2% y una especificidad del 81.0% (ver Cuadro 8).

Cuadro 8
Tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por AIB y el IMC.

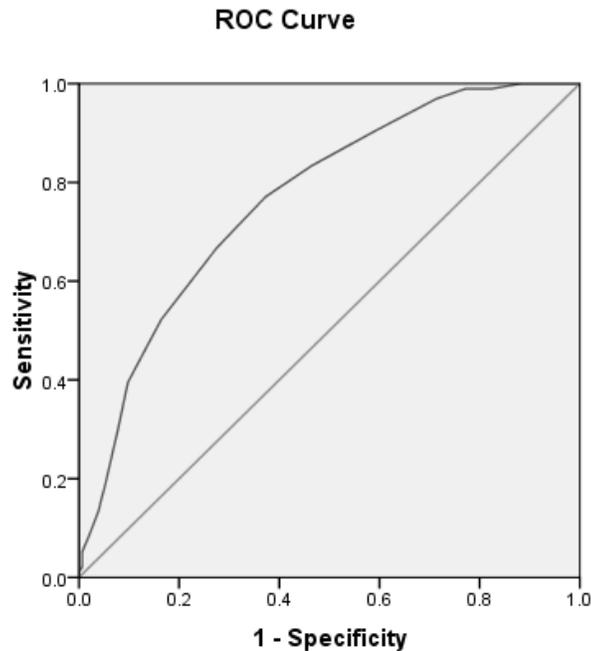
			Índice de masa corporal (kg/m ²)		Total
			≥ 28	< 28	
% grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica	≥ 25.0	Número de voluntarios	52	44	96
		Porcentaje	54.2%	45.8%	100.0%
	< 25.0	Número de voluntarios	29	124	153
		Porcentaje	19.0%	81.0%	100.0%
Total		Número de voluntarios	81	168	249
		Porcentaje	32.5%	67.5%	100.0%

En este cuadro se describe la tabulación cruzada entre el porcentaje de grasa corporal por análisis de impedancia bioeléctrica (prueba de referencia) y el índice de masa corporal (prueba a evaluar). **Fuente:** Directa.

En base a lo anterior se establece que el porcentaje de grasa corporal ≥ 25% por ecuación de Hodgdon tiene mayor especificidad (90.2%) que el IMC ≥ 28 kg/m² (81.0%) para diagnosticar sujetos con exceso de adiposidad.

El análisis de las curvas ROC (Figuras 4 y 5), muestra que el IMC es más adecuado para discriminar exceso de adiposidad que el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon, considerando el criterio de mayor área bajo la curva o de la curva más cercana al punto de sensibilidad y especificidad del 100% (ver Cuadros 9 y 10).

Figura 4
Análisis de la curva ROC entre el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.



Diagonal segments are produced by ties.

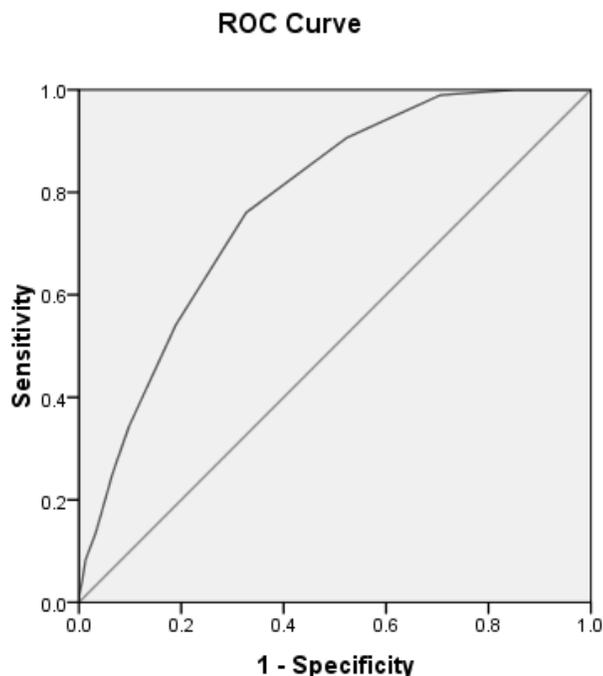
Curva ROC (Receiver Operator Characteristic), para el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon como indicador de exceso de adiposidad. **Fuente:** Directa.

Cuadro 9
Área debajo de la curva ROC entre el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.

Área debajo de la curva	Error Estándar	Significancia Asintótica	Intervalo de Confianza del 95%	
			Límite Inferior	Límite Superior
0.768	0.030	0.000	0.709	0.826

Entre mayor sea el área debajo de la curva, significa que la prueba es más precisa. **Fuente:** Directa.

Figura 5
Análisis de la curva ROC entre el IMC y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.



Diagonal segments are produced by ties.

Curva ROC (Receiver Operator Characteristic), para el índice de masa corporal como indicador de exceso de adiposidad. **Fuente:** Directa.

Cuadro 10
Área debajo de la curva ROC entre el IMC y sus distintos puntos de corte con respecto al porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.

Área debajo de la curva	Error Estándar	Significancia Asintótica	Intervalo de Confianza del 95%	
			Límite Inferior	Límite Superior
0.779	0.029	0.000	0.722	0.835

Entre mayor sea el área debajo de la curva, significa que la prueba es más precisa. **Fuente:** Directa.

Cuadro 11
Sensibilidad y especificidad de distintos puntos de corte del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon para diagnosticar obesidad usando como criterio de adiposidad el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.

Punto de corte (%)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
9.000	100.0	0.0
10.500	100.0	1.3
11.500	100.0	2.0
12.500	100.0	2.6
14.000	100.0	7.8
15.500	100.0	11.8
16.500	99.0	17.6
17.500	99.0	22.9
18.500	96.9	28.8
19.500	90.6	40.5
20.500	83.3	53.6
21.500	77.1	62.7
22.000	71.9	67.6
22.500	66.7	72.5
23.500	52.1	83.7
24.500	39.6	90.2
25.500	30.2	92.2
26.500	18.8	94.8
27.500	13.5	96.1
28.500	8.3	98.0
29.500	5.2	99.3
30.500	2.1	99.3
32.500	1.0	100.0
35.000	0.0	100.0

Sensibilidad: proporción de verdaderos positivos (exceso de adiposidad), correctamente identificados por la ecuación de Hodgdon; Especificidad: proporción de casos identificados por la ecuación de Hodgdon que son verdaderos negativos.

Fuente: Directa.

Cuadro 12
Sensibilidad y especificidad de distintos puntos de corte del IMC para diagnosticar obesidad usando como criterio de adiposidad el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB.

Punto de corte (kg/m ²)	Sensibilidad (%)	Especificidad (%)
18.00	100.0	0.0
19.50	100.0	0.7
20.50	100.0	2.6
21.50	100.0	4.6
22.50	100.0	5.9
23.50	100.0	15.0
24.50	99.0	29.4
25.50	90.6	47.7
26.50	76.0	67.3
27.00	65.1	74.15
27.50	54.2	81.0
28.50	34.4	90.2
29.50	25.0	93.5
30.50	13.5	96.7
31.50	8.3	98.7
32.50	4.2	99.3
34.00	1.0	100.0
36.00	0.0	100.0

Sensibilidad: proporción de verdaderos positivos (exceso de adiposidad), correctamente identificados por el índice de masa corporal; Especificidad: proporción de casos identificados por el índice de masa corporal que son verdaderos negativos. **Fuente:** Directa.

IX. DISCUSIÓN.

Desde el punto de vista fisiológico, no es el exceso de peso corporal (medido por ejemplo, con el IMC), sino el grado de adiposidad corporal lo que constituye un factor de riesgo a la salud. Desde hace más de 50 años está bien reconocido que el sobrepeso no coincide necesariamente con un exceso de grasa corporal.¹⁷

Dado que actualmente el IMC es la prueba que se utiliza para el diagnóstico de sobrepeso y obesidad en el personal perteneciente al Ejército Mexicano y en virtud de no existir una prueba confirmatoria que discrimine si el personal portador de sobrepeso u obesidad lo es a expensas de músculo y no de grasa, se diseñó este estudio. La prueba confirmatoria propuesta fue la que se utiliza en el Ejército de los Estados Unidos de América para quienes sobrepasan los límites altos de peso con respecto a la talla y consiste en una ecuación descrita por James A. Hodgdon donde en base a mediciones de estatura, cuello y cintura en hombres se calcula un porcentaje de grasa corporal que en otros estudios ha sido validada con respecto a la hidrodensitometría.^{14, 15}

Para efectos de comparar las pruebas mencionadas anteriormente se utilizó el cálculo del porcentaje de grasa corporal por AIB, la cual proporciona una estimación rápida, no invasiva y relativamente precisa del agua corporal total, a partir de la cual se calcula la composición corporal.^{9, 11, 12}

En base a lo anterior, en el grupo de militares del sexo masculino evaluados, el IMC presentó una mayor sensibilidad que el porcentaje de grasa corporal por ecuación del Hodgdon para diagnosticar exceso de adiposidad por AIB, lo cual indica que es una mejor buena prueba para escrutinio; el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon presentó una mayor especificidad que el IMC

para diagnosticar exceso de adiposidad por AIB, lo que apoya el hecho de que puede ser de gran utilidad como prueba confirmatoria para el personal que rebasa los límites altos a expensas de músculo y no de grasa.

Sabemos que existen diversos métodos para estimar la composición corporal, sin embargo, la mayoría requiere equipo sofisticado o procedimiento es complejo (hidrodensitometría, pletismografía por desplazamiento de aire, densitometría de energía dual por rayos X, entre otras), por tal motivo, la prueba confirmatoria ideal para elementos que sobrepasan el límite alto de IMC debe ser sencilla de realizar, no requerir equipo sofisticado y ser reproducible, y sobretodo, al alcance del médico general encargado de la atención de primer nivel, por tal motivo se propuso al porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon para el presente estudio; el inconveniente en su utilización radica en que para sustituir los valores en la ecuación, se requiere la conversión de las unidades de medida al sistema inglés (libras y pulgadas) y el empleo de una calculadora científica, o en su defecto contar con las tablas realizadas para tal fin (ver ANEXO "B").

X. CONCLUSIONES.

- a. Se rechazó la Hipótesis nula y se aceptó la Hipótesis de trabajo que establece: El porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon tiene una especificidad $\geq 71\%$ para detectar exceso de adiposidad medido por AIB.
- b. El porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon tiene una sensibilidad del 39.6% y una especificidad del 90.2% comparado con el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB (ver Cuadro 7).
- c. El IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ tiene una sensibilidad del 54.2% y una especificidad del 81.0% comparado con el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB (ver Cuadro 8).
- d. El porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por ecuación de Hodgdon es menos sensible, pero más específico que el IMC $\geq 28 \text{ kg/m}^2$ para diagnosticar exceso de adiposidad con respecto al AIB.
- e. El porcentaje de grasa corporal = 22% por ecuación de Hodgdon presenta el mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad al ser comparado con el porcentaje de grasa corporal $\geq 25\%$ por AIB (sensibilidad= 71.9%; especificidad= 67.6%) (ver Cuadro 11).
- f. El IMC = 27 kg/m^2 presenta el mejor equilibrio entre sensibilidad y especificidad al ser comparado con el porcentaje de grasa corporal por AIB $\geq 25\%$ (sensibilidad = 65.1%; especificidad = 74.15%) (ver Cuadro 12).
- g. El área bajo la curva ROC para el IMC (0.779) es discretamente mayor que para el porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon (0.768), lo que establece que la primera es más precisa para predecir exceso de adiposidad por AIB.

XI. PERSPECTIVAS.

Ya que en el presente estudio se sugiere que la determinación de porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon es adecuada como prueba confirmatoria para personal con $IMC \geq 28 \text{ kg/m}^2$, sería conveniente realizar una prueba diagnóstica con otra prueba de referencia más sofisticada para corroborar dichos hallazgos, se sugiere pletismografía por desplazamiento de aire o la hidrodensitometría.

La propuesta del empleo de la determinación del porcentaje de grasa corporal por ecuación de Hodgdon únicamente como prueba confirmatoria para personal militar masculino que presente $IMC \geq 28 \text{ kg/m}^2$ no afectará negativamente, ya que para en caso de presentarse falsos positivos (9.8%), será en quienes no habían acreditado de por sí buena salud con respecto al IMC.

XII. BIBLIOGRAFÍA.

1. Norma Oficial Mexicana NOM-174-SSA1-1998, para el Manejo Integral de la Obesidad, Secretaría de Salud. México DF.
2. WHO. Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of the WHO Consultation on Obesity. Geneva; 1997.
3. American College of Sports Medicine (ACSM), 2006. ACSM's Guidelines for Exercise Testing & Prescription (7^a ed). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
4. Clinical Guidelines on the Identification, Evaluation and Treatment of Overweight and Obesity in Adults--The Evidence Report. National Institutes of Health. *Obes Res.* 1998; 6 (Suppl 2): 51S-209S.
5. Carrasco F, Reyes E, Rimler O, Ríos F. Exactitud del índice de masa corporal en la predicción de la adiposidad medida por impedancia bioeléctrica. *ALAN* 2004; 54 (3): 13-24.
6. Klein S, Allison DB, Heymsfield SB, Kelley DE, Leibel RL, Nonas C. Waist Circumference and Cardiometabolic Risk. *Diabetes Care* 2007; 30: 1647-52.
7. Formiguera X. Obesidad abdominal y riesgo cardiometabólico. *Rev Esp Obes.* 2008; 6 (1) 21-29.
8. Orzano AJ, Scott JG. Diagnosis and Treatment of Obesity in Adults: An Applied Evidence-Based Review. *JABFP* 2004; 17 (5): 359-369.
9. Malina RM. Body Composition in Athletes: Assessment and Estimated Fatness. *Clin Sports Med* 2007; 26: 37-68.
10. Yeong-Lee S, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008; 11: 566-572.

11. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. NIH Technol Assess Statement 1994 Dic 12-14.
12. Hays AE, Smith K, Lynn J, Mentch M, Knechtges M, Gebhart J. Validation of bioelectrical impedance analyzers as a measure of percent body fat. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2009; 41(5) (Supplement 1): 167.
13. Ley del Instituto de Seguridad Social para las Fuerzas Armadas Mexicanas. (Última reforma publicada DOF 08-05-2006).
14. Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Headquarters Department of the Army. Washington, DC. Septiembre 2006.
15. Hodgdon JA, Friedl K. Development of the DoD body composition estimation equations. Technical Document No. 99-2B. Naval Health Research Center, San Diego, California 1999.
16. Bracco D, Thiébaud D, Chiolero RL, Landry M, Burckhardt P, Schutz Y. Segmental body composition assessed by bioelectrical impedance análisis and DEXA in humans. *J Appl Physiol* 1996; 81: 2580-2587.
17. Behnke AR, Feen BG, Welham WC. The specific gravity of healthy men: body weight/volume as an index of obesity. *JAMA* 1942; 118: 495-98.

XIII. ANEXOS.

ANEXO "A".

CONSENTIMIENTO INFORMADO POR ESCRITO

Lugar y Fecha: _____.

La obesidad, incluyendo al sobrepeso como un estado premórbido, es una enfermedad crónica caracterizada por el almacenamiento en exceso de tejido adiposo en el organismo, Dada su magnitud y trascendencia es considerada en México un problema de salud pública.

PROPOSITO DEL ESTUDIO: Determinar si su Índice de masa corporal es equiparable al cálculo del porcentaje de grasa corporal por medio de la ecuación de Hodgdon.

PROCEDIMIENTOS A SEGUIR: Usted ha sido invitado a participar en el estudio, mediante la medición de la talla, peso, circunferencia de cintura y cuello se realizará un cálculo de su porcentaje de grasa corporal e índice de masa corporal. Finalmente se le requerirá que sostenga por algunos segundos un aparato pequeño con ambas manos, mismo que también realizará un cálculo aproximado de su porcentaje grasa corporal. Las cifras se compararán entre sí para determinar la exactitud de las mismas.

BENEFICIO DEL ESTUDIO. La información obtenida de este estudio nos permitirá conocer que tan confiable es la medición del porcentaje de grasa corporal resultante de las mediciones con la cinta métrica como prueba confirmatoria posterior al IMC en personal militar masculino.

EFFECTOS SECUNDARIOS: En muy raras ocasiones se presenta leve sensación de hormigueo en ambas manos mientras se sostiene el aparato medidor de grasa corporal. .

CONFIDENCIALIDAD: Los datos obtenidos son absolutamente confidenciales y no podrán ser utilizados con otro fin que el ya establecido; los participantes serán informados de los hallazgos obtenidos en la investigación en caso de así solicitarlo.

PARTICIPACION VOLUNTARIA.

Yo _____ me declaro libre y voluntariamente y acepto participar en este estudio. . He comprendido el contenido de ésta carta de consentimiento, mis dudas han sido resueltas y entiendo que puedo solicitar información sobre la investigación en el momento que lo desee y en caso de cualquier duda o pregunta acerca de la participación en el estudio puedo comunicarme con el investigador Julián Gonzalo Gándara Calderón al teléfono (55) 3185-8662.

Nombre, firma, dirección, correo electrónico y teléfono.	Nombre, firma, dirección correo electrónico y teléfono
Participante	Testigo
Mayor M. C. Julián Gonzalo Gándara Calderón	Nombre, firma, dirección correo electrónico y teléfono
Investigador responsable	Testigo

ANEXO “B”.

TABLAS PARA LA ESTIMACIÓN DE GRASA CORPORAL A PARTIR DE CIRCUNFERENCIAS Y ESTATURA

Porcentaje de grasa corporal estimado en hombres.

Valor de las circunferencias*	Estatura (pulgadas)									
	60.0	60.5	61.0	61.5	62.0	62.5	63.0	63.5	64.0	64.5
13.5	9	9								
14.0	11	11	10	10	10	10	9	9		
14.5	12	12	12	11	11	11	11	10	10	10
15.0	13	13	13	13	12	12	12	12	11	11
15.5	15	14	14	14	14	13	13	13	13	12
16.0	16	16	15	15	15	15	14	14	14	14
16.5	17	17	16	16	16	16	15	15	15	15
17.0	18	18	18	17	17	17	17	16	16	16
17.5	19	19	19	18	18	18	18	17	17	17
18.0	20	20	20	19	19	19	19	18	18	18
18.5	21	21	21	20	20	20	20	19	19	19
19.0	22	22	22	21	21	21	21	20	20	20
19.5	23	23	23	22	22	22	22	21	21	21
20.0	24	24	24	23	23	23	23	22	22	22
20.5	25	25	25	24	24	24	24	23	23	23
21.0	26	26	25	25	25	25	24	24	24	24
21.5	27	27	26	26	26	26	25	25	25	25
22.0	28	27	27	27	27	26	26	26	26	25
22.5	29	28	28	28	28	27	27	27	27	26
23.0	29	29	29	29	28	28	28	28	27	27
23.5	30	30	30	29	29	29	29	28	28	28
24.0	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29
24.5	32	31	31	31	31	30	30	30	30	29
25.0	32	32	32	32	31	31	31	31	30	30
25.5	33	33	33	32	32	32	32	31	31	31
26.0	34	34	33	33	33	33	32	32	32	32
26.5	35	34	34	34	34	33	33	33	33	32
27.0	35	35	35	35	34	34	34	34	33	33
27.5	36	36	36	35	35	35	35	34	34	34
28.0	37	36	36	36	36	35	35	35	35	34
28.5			37	37	36	36	36	36	35	35
29.0					37	37	37	36	36	36
								37	37	36

*Valor de las circunferencias = Circunferencia del abdomen – Circunferencia del cuello (pulgadas).

Tomado de Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

ANEXO “B” (CONTINUACIÓN)

TABLAS PARA LA ESTIMACIÓN DE GRASA CORPORAL A PARTIR DE CIRCUNFERENCIAS Y ESTATURA

Porcentaje de grasa corporal estimado en hombres.

Valor de las circunferencias*	Estatura (pulgadas)									
	65.0	65.5	66.0	66.5	67.0	67.5	68.0	68.5	69.0	69.5
14.5	10	9	9							
15.0	11	11	10	10	10	10	10	9	9	
15.5	12	12	12	11	11	11	11	11	10	10
16.0	13	13	13	13	12	12	12	12	12	11
16.5	14	14	14	14	14	13	13	13	13	12
17.0	16	15	15	15	15	14	14	14	14	14
17.5	17	16	16	16	16	16	15	15	15	15
18.0	18	18	17	17	17	17	16	16	16	16
18.5	19	19	18	18	18	18	17	17	17	17
19.0	20	20	19	19	19	19	18	18	18	18
19.5	21	21	20	20	20	20	19	19	19	19
20.0	22	21	21	21	21	21	20	20	20	20
20.5	23	22	22	22	22	21	21	21	21	21
21.0	24	23	23	23	23	22	22	22	22	21
21.5	24	24	24	24	23	23	23	23	23	22
22.0	25	25	25	25	24	24	24	24	23	23
22.5	26	26	26	25	25	25	25	24	24	24
23.0	27	27	26	26	26	26	26	25	25	25
23.5	28	27	27	27	27	27	26	26	26	26
24.0	28	28	28	28	28	27	27	27	27	26
24.5	29	29	29	29	28	28	28	28	27	27
25.0	30	30	30	29	29	29	29	28	28	28
25.5	31	31	30	30	30	30	29	29	29	29
26.0	31	31	31	31	31	30	30	30	30	29
26.5	32	32	32	32	31	31	31	31	30	30
27.0	33	33	32	32	32	32	32	31	31	31
27.5	34	33	33	33	33	32	32	32	32	32
28.0	34	34	34	34	33	33	33	33	32	32
28.5	35	35	34	34	34	34	34	33	33	33
29.0	36	35	35	35	35	34	34	34	34	34
29.5	36	36	36	36	35	35	35	35	34	34
30.0	37	37	36	36	36	36	35	35	35	35
30.5			37	37	37	36	36	36	36	35

*Valor de las circunferencias = Circunferencia del abdomen – Circunferencia del cuello (pulgadas).

Tomado de Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

ANEXO “B” (CONTINUACIÓN)

TABLAS PARA LA ESTIMACIÓN DE GRASA CORPORAL A PARTIR DE CIRCUNFERENCIAS Y ESTATURA

Porcentaje de grasa corporal estimado en hombres.

Valor de las circunferencias*	Estatura (pulgadas)									
	70.0	70.5	71.0	71.5	72.0	72.5	73.0	73.5	74.0	74.5
15.5	10	10	9	9	9					
16.0	11	11	11	10	10	10	10	10	9	9
16.5	12	12	12	12	11	11	11	11	11	10
17.0	13	13	13	13	13	12	12	12	12	11
17.5	14	14	14	14	14	13	13	13	13	13
18.0	15	15	15	15	15	14	14	14	14	14
18.5	17	16	16	16	16	15	15	15	15	15
19.0	18	17	17	17	17	16	16	16	16	16
19.5	18	18	18	18	18	17	17	17	17	17
20.0	19	19	19	19	19	18	18	18	18	18
20.5	20	20	20	20	19	19	19	19	19	18
21.0	21	21	21	21	20	20	20	20	20	19
21.5	22	22	22	21	21	21	21	21	20	20
22.0	23	23	23	22	22	22	22	22	21	21
22.5	24	24	23	23	23	23	23	22	22	22
23.0	25	24	24	24	24	24	23	23	23	23
23.5	25	25	25	25	25	24	24	24	24	24
24.0	26	26	26	26	25	25	25	25	25	24
24.5	27	27	27	26	26	26	26	26	25	25
25.0	28	28	27	27	27	27	26	26	26	26
25.5	29	28	28	28	28	27	27	27	27	27
26.0	29	29	29	29	28	28	28	28	28	27
26.5	30	30	30	29	29	29	29	28	28	28
27.0	31	30	30	30	30	30	29	29	29	29
27.5	31	31	31	31	30	30	30	30	30	29
28.0	32	32	32	31	31	31	31	31	30	30
28.5	33	32	32	32	32	32	31	31	31	31
29.0	33	33	33	33	32	32	32	32	32	31
29.9	34	34	34	33	33	33	33	32	32	32
30.0	35	34	34	34	34	34	33	33	33	33
30.5	35	35	35	35	34	34	34	34	34	33
31.0	36	36	35	35	35	35	35	34	34	34
31.5	36	36	36	36	36	35	35	35	35	35

*Valor de las circunferencias = Circunferencia del abdomen – Circunferencia del cuello (pulgadas).

Tomado de Army Regulation 600-9. The Army Weight Control Program. Septiembre 2006.

