

REPUBLICA DE CHILE  
Ministerio de Salud

D173

Manual  
de medicina  
ocupacional

CAMARA CHILENA DE  
LA CONSTRUCCION  
Centro Documentación

~~2008~~

Enfermedad aguda  
por descompresión  
inadecuada



MUTUAL DE SEGURIDAD

MUTUAL  
0031

La Mutual de Seguridad de la Cámara Chilena de la Construcción, considera de particular importancia el tema desarrollado en el "Manual de Medicina Ocupacional Enfermedad Aguda por Descompresión Inadecuada", elaborado en el Departamento de Programas sobre el ambiente del Ministerio de Salud de Chile por el Dr. Alfredo Cea Egaña, experto en Medicina Submarina. O.M.S.

Con su autorización se lanza esta edición de 1.000 ejemplares para ser difundida sin costo, entre las empresas adherentes que tienen relación con el tema.

## INDICE

	PAG.
■ Introducción .....	5
■ La historia del "Mal de Presión" .....	7
■ La enfermedad aguda por descompresión inadecuada su atención médica integral y normalizada .....	9
■ Atención de la enfermedad de descompresión de forma aguda .....	17
■ Normativa para el tratamiento biofísico .....	22
■ Seguridad operacional en el manejo de la cámara hiperbárica .....	30
■ Aspectos de seguridad operacional en el manejo de la cámara hiperbárica .....	35
■ Conclusiones .....	47
■ Anexos .....	49
■ Bibliografías .....	66

Fotografías e ilustraciones Dr. Alfredo Cea Egaña

## INTRODUCCION

*En el último decenio, la actividad subacuática en las diversas modalidades en que se practica (buceo comercial, recolector, científico y deportivo recreativo), alcanzó en Chile un extraordinario desarrollo, estimándose que el buceo es practicado en relativa permanencia por aproximadamente 10.000 personas.*

*Se estima que el buceo es practicado en permanencia relativa por un número aproximado de 10.000 personas.*

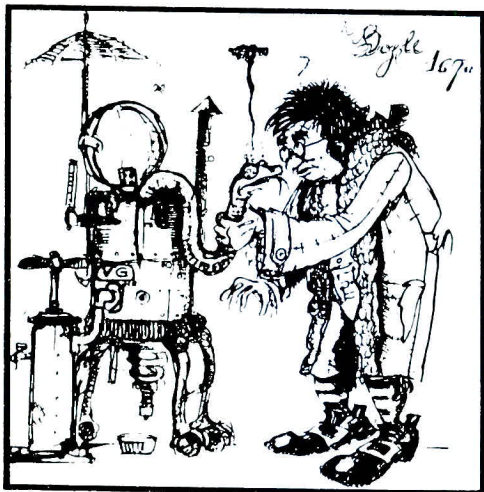
*La dispersión y ruralidad en que mayoritariamente se lleva a cabo esta actividad, especialmente aquella que realizan mariscadores, hacen que el control de su práctica sea difícil o insuficiente. En este último caso la situación es agravada por la particular idiosincracia del pescador y la inexistencia de sistemas de capacitación adecuados a su nivel cultural.*

*Como consecuencia de lo señalado ha sido comprobada una creciente presentación de accidentes médicos provocados por la práctica desinformada de la actividad subacuática. Entre estos accidentes destaca por su gravedad la llamada Enfermedad Aguda por Descompresión Inadecuada cuya etiopatogenia, cuadro clínico y diagnóstico son aún poco conocidos entre los equipos médicos litorales y cuyo tratamiento es complejo y precisa en ciertos casos de sofisticadas tecnologías, no disponibles en los principales centros asistenciales costeros.*

*Por otra parte debe señalarse que el sector pesquero artesanal, en que los buceadores están insertos, no está considerado entre los beneficiarios de la Ley de Accidentes del Trabajo.*

*Esta condición sumada a las consideraciones anteriores, configura una situación que ha merecido la preocupación del Supremo Gobierno y particularmente del Ministerio de Salud, que a través de la publicación de este Manual inicia un proceso normalizado de manejo integral de la salud del hombre que realiza actividades en el mar.*

# LA HISTORIA DEL "MAL DE PRESION"



En 1670 Robert Boyle...

tancos para el trabajo submarino", que a partir de esa época, caracterizada por el desarrollo de la industrialización, comienzan a ser utilizados masivamente en las obras civiles de construcción submarina de diques y muelles.

Los obreros que trabajaban en estas cámaras presurizadas debían, naturalmente, respirar aire a presiones elevadas durante largos períodos de tiempo. Al volver a la superficie eran afectados por una enfermedad polimorfa, que en algunos casos llegaba a provocarles invalideces definitivas o la muerte.

Este cuadro clínico fue descrito por primera vez por Travessart y luego por Poll y Watelle a mediados del siglo pasado. En esa misma época Hoppe y Seyler, buscando una explicación causal para esta curiosa enfermedad, repitieron las experiencias de Boyle. Comprobaron la aparición de las burbujas, el copamiento por ellas de la circulación pulmonar, la insuficiencia cardíaca provocada por esta situación y recomendaron la recompresión del accidentado como tratamiento.

**E**N 1670 Roberto Boyle utilizando una caja estanca, presurizada mediante la bomba neumática inventada por Von Guericke, somete a serpientes a descompresión brusca. Boyle constata la aparición de burbujas de gas en la cámara anterior del ojo de los animales. Es la primera referencia conocida de la llamada "Enfermedad Aguda por Descompresión Inadecuada" o "Mal de Presión".

Un siglo y medio más tarde, Lord T. Alejandro Cochrane desarrolló un sistema neumático de multiuso que permite a Triger crear, en 1839, los llamados "Cajones es-

Augusto Siebe desarrolla, por esos años, la escafandra clásica que, con muy pocas modificaciones, se mantiene en uso hasta ahora. Un compresor manual de superficie, envía aire comprimido al casco de buzo sumergido, protegido por un traje seco de lona impermeabilizada y lastrado con un doble peto de plomo y zapatos con suela del mismo metal. El uso del equipo se difunde rápidamente por todo el mundo y en 1869, Le Roy de Mericourt y posteriormente Gal en 1872, describen la "**Enfermedad de los buzos**", cuya sintomatología guarda una estricta similitud con los accidentes médicos de los "**obreros de los cajones estancos**".

En ambos casos, la enfermedad se presenta en actividades muy diferentes, pero tienen el factor común de la respiración de aire a presiones elevadas por períodos prolongados y los síntomas, muy variados, aparecen habitualmente algunos momentos después de retornar a la presión atmosférica.

Para explicar este misterioso síndrome, se proponen en la época numerosas teorías, algunas de ellas extraordinariamente ingeniosas o extravagantes.

En 1878, Paul Bert, en su clásica obra "**La Presión Barométrica**" establece el rol protagónico del nitrógeno, gas neutro disuelto en los tejidos en función del tiempo, la profundidad, (Leyes de Dalton y Henry) y la actividad desarrollada en el trabajo a presión y que es luego liberado en forma de burbujas como consecuencias de la sobresaturación crítica producida por descompresión brusca en la salida a superficie.

Pese a que la utilización de escafandras de buceo en faenas de salvataje es muy antiguo en nuestro país, (recuérdese que los buques de la Armada durante la Guerra del Pacífico contaban con buzos en su tripulación), la actividad era restringida y se desarrollaba prácticamente siempre a poca profundidad, circunstancia que explicaría la supuesta escasa incidencia de accidentes agudos.

Los antecedentes epidemiológicos de la época, son prácticamente inexistentes.

En resumen, hasta la primera mitad del presente siglo, la enfermedad de descompresión era en nuestro país una rareza clínica y la forma de presentación más conocida era la "**artrosis coxofemoral por osteonecrosis**" secundaria la repetición de accidentes de dolor osteoarticular focalizado. (Bends).

El panorama descrito, cambia violentamente con la aparición de los equipos de buceo semiautónomo en circuito abierto (Hookah) a partir de 1950. Su incorporación al buceo recolector, la masificación de esta actividad y las profundidades crecientes a que deben acceder los buceadores para encontrar las especies marinas agotadas en profundidades menores, provoca la presentación creciente de accidentes de descompresión.

# La enfermedad aguda por descompresión inadecuada, su atención médica integral y normalizada.

## INTRODUCCION

Entre las enfermedades provocadas por la práctica masiva del buceo en nuestro país (10.000 buceadores recolectores), se destaca por su incidencia creciente, su gravedad, polimorfismo clínico y complejo tratamiento, la llamada Enfermedad Aguda por Descompresión Inadecuada. (EADI).

Esta realidad ha movido al Ministerio de Salud a iniciar actividades organizaas de capacitación médica en su etiopatogenia, diagnóstico y terapéutica.

Con este objetivo se ha elaborado esta información básica actualizada y las fichas que norman los tratamientos complementarios, farmacológico y biofísico, en cámara hiperbárica.

## EL MECANISMO ETIOPATOGENICO

Durante su permanencia submarina, el buceador debe respirar aire comprimido, en igualdad de presión con aquella elevada del medio acuático que lo rodea.

El nitrógeno, gas neutro y componente mayoritario del aire (79%), es respirado entonces a presión parcial elevada, provocando con ello su disolución forzada en la sangre y a través de ella en los tejidos que en función del tiempo, de su nivel de perfusión sanguínea y de sus características bioquímicas, se saturan progresivamente en gas inerte. (fig. a).

El fenómeno descrito se invierte cuando el buceador vuelve a superficie y respira presiones parciales menores. En esta situación se establecen diferenciales de presión parcial entre el gas neutro, a nivel del alvéolo y sangre arterial, con aquella existente en los tejidos. (fig. b), el exceso de gas se elimina al alveolo y de este al exterior por la ventilación pulmonar.

Si el buceador asciende dando tiempo al pulmón para eliminar este exceso, cumpliendo el itinerario de salida programada para cada buceo específico - (Tabla de Descompresión para el Buceo con Aire Comprimido-(\*)), los tejidos se desaturan ordenadamente, en un proceso físico simple e inverso a su saturación.

(\*) Se adjunta en Anexo I Tablas de programación para buceo con aire, incluyendo aquellas para cálculo de nitrógeno residual en Buceo Repetitivo.

Figura - A

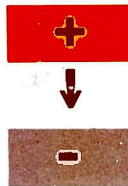
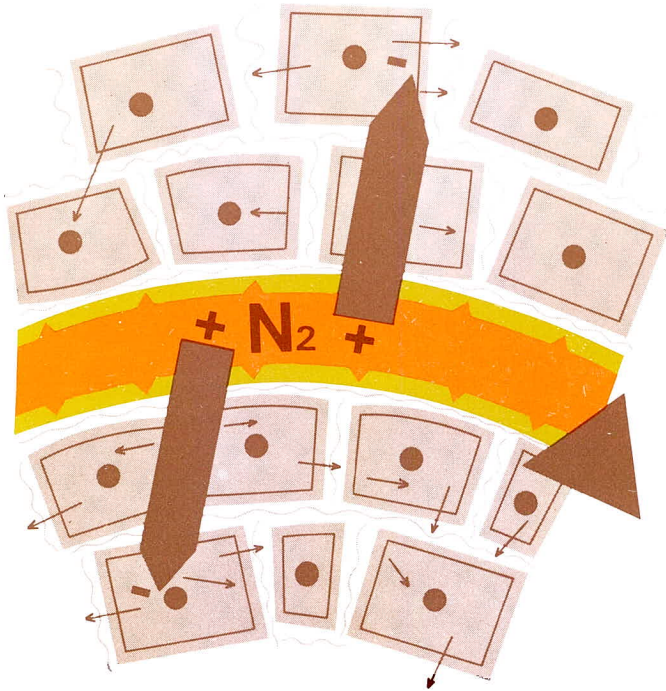
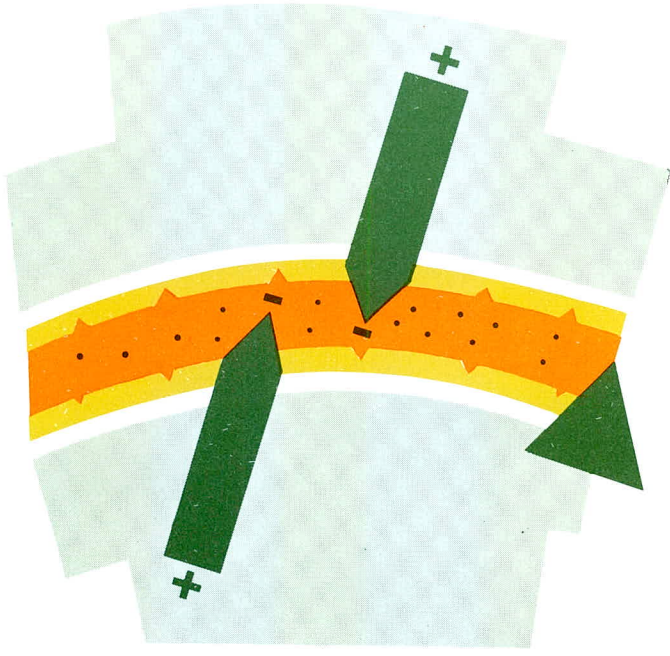
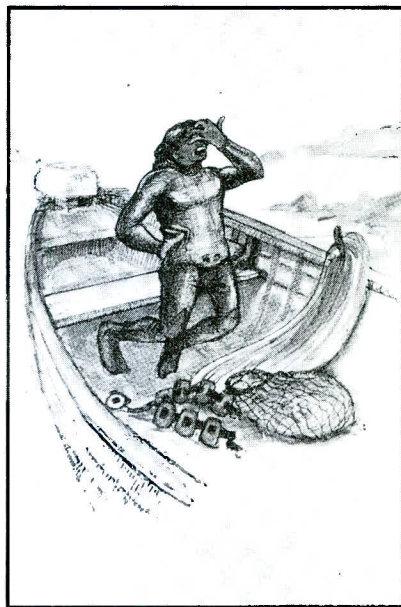
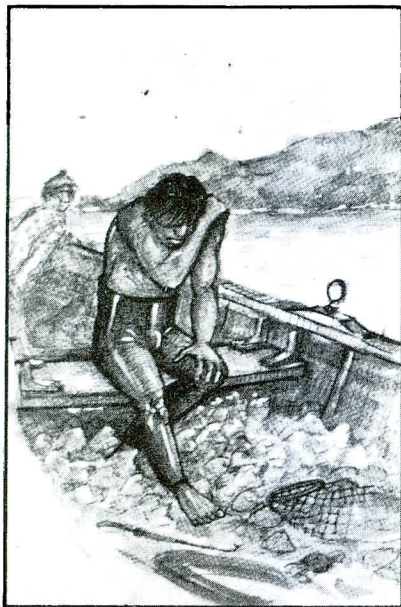




Figura - B





Dolor osteoarticular la forma (tipo Ib) de más frecuente presentación de la Enfermedad Aguda por descompresión inadecuada.

La paraplegía, la forma neurológica (tipo IIa) de presentación más frecuente.

---

Por el contrario, si el buceador asciende sin considerar lo señalado, los tejidos alcanzan una situación de SOBRESATURACION en gas inerte que, sobrepasando un nivel crítico, desencadena la nucleación y liberación brusca del gas disuelto, que en forma de burbujas, aparece a nivel del torrente sanguíneo (capilar venoso inicialmente) y/o en los tejidos. (fig. c).

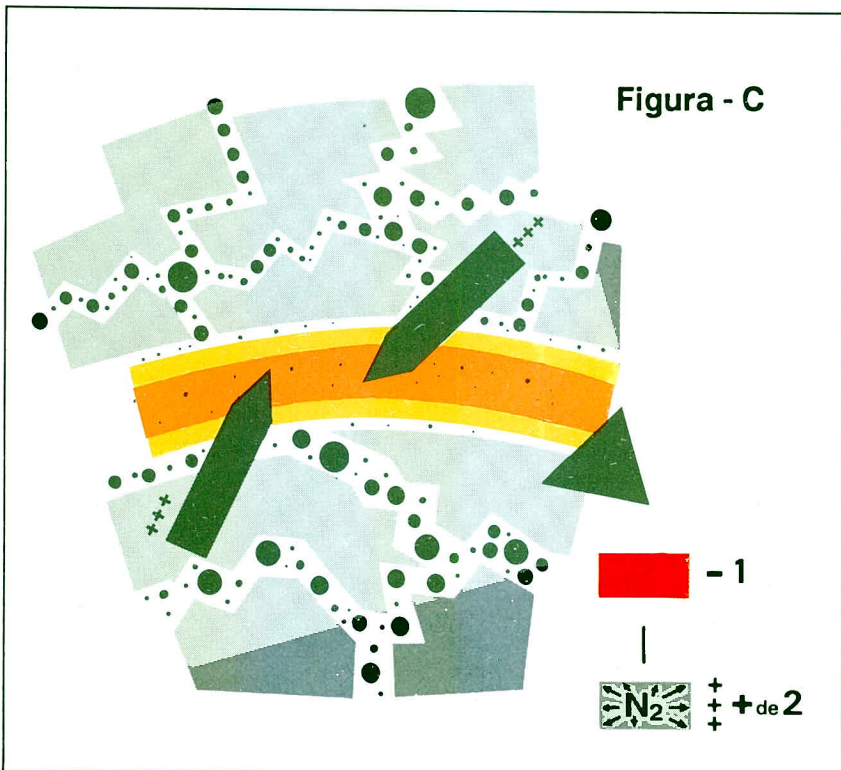
A nivel de estos últimos y dependiendo del número y tamaño de las burbujas, se producen daños por efecto mecánico, que se acentúan con el aumento del volumen de las burbujas, debido a la menor presión ambiente (ascenso a la superficie) y al incremento del gas, liberado e incorporado a ella por el proceso de desaturación de los tejidos sobrecargados de nitrógeno.

Estas lesiones y los fenómenos inflamatorios reaccionales que las acompañan representan el sustrato histopatológico que explica la aparición de los cuadros cutáneos (prurito, dolor, eritema, linfedema y piel marmórea) y los osteomusculoarticulares o "**Bends**". (Tipo I, a y b respectivamente).

La ectasia venosa y la hipoxia secundaria provocada por las burbujas de gas inerte, a nivel de la circulación medular (dorsal baja especialmente), asociada a lesiones mecánicas selectivas en los cordones posteriores y laterales, explicarían la génesis de los accidentes neurológicos medulares, característicos de la paraplegia, forma neurológica más frecuente del Accidente (Tipo II a).

Cuando se han producido errores de significación en el programa de ascenso a superficie, la presencia de burbujas puede alcanzar niveles masivos en número y volumen a nivel del lecho capilar venoso, y su desplazamiento hasta el pulmón puede provocar el copamiento de la circulación arterial, que se exteriorizará en un cuadro broncopulmonar con disnea dolorosa y tos húmeda ("CHOKES" o Tipo II b).

Este cuadro puede comprometerse con la insuficiencia cardíaca derecha y/o ser seguido de un cuadro neurológico de compromiso encefálico, provocado por el paso masivo de émbolos de nitrógeno a través de los shunts arteriovenosos, a la circulación izquierda. (Tipo II c).



El compromiso broncopulmonar (Chokes) en su forma leve, con frecuencia variable puede acompañar a los casos de Tipo I. Junto con representar un excelente indicador clínico de la gravedad potencial del accidente, pone de manifiesto una situación de copiamiento circulatorio pulmonar derecho por las burbujas de gas neutro y la insuficiencia alveolar para eliminarlas. El paso de las burbujas al circuito cardíaco izquierdo, por forzamiento de los shunts arteriovenosos, como lo hemos señalado, irá seguido de fenómenos embólicos cerebrales y eventualmente medulares, que junto con el cuadro broncopulmonar, constituyen las presentaciones graves del **"Mal de Presión"**.

La burbuja, por su parte, desde el momento de su aparición, desencadena fenómenos de reacción hematológica, locales inicialmente y que pueden generalizarse más tarde.

Cuando la burbuja alcanza un diámetro importante, su avance por el interior del capilar venoso, empujado por el pulso sanguíneo, va friccionando las paredes capilares, desprendiendo la delicada cubierta endotelial y dejando a su paso, áreas de colágeno desnudo. Estas lesiones provocan la liberación de aminas vasoactivas con una intensa respuesta simpática vasoconstrictora y un potente estímulo de adhesión plaquetaria, con liberación de otras sustancias protéicas vasoactivas (Prostaglandina, serotonina, bradikinina).

El encharcamiento circulatorio a nivel del territorio capilar venoso, la lentitud de circulación e hipoxia que ello implica, provoca:

- a) El flujo de líquido al comportamiento extravascular con una importante disminución del volumen circulante.
- b) La adhesión plaquetaria y
- c) La activación de factores hemáticos de la coagulación (Factor plasmático VIII R de Willebrandt y fibronectina).

Sobre las zonas de colágeno desnudo así como sobre la superficie de la burbuja, se depositan proteínas degradadas y se adhieren capas sucesivas de plaquetas que cambian su habitual forma lenticular a esférica, emitiendo pseudopodios que se unen con aquellos de las plaquetas vecinas y van formando una frágil red, en cuya trama se cazan partículas lipídicas y elementos hemáticos figurados, (leucocitos y eritrocitos). Las plaquetas liberan a continuación su contenido granular: fibrinógeno, serotina y calcio iónico, que a través de la formación fibrina, consolidan y estabilizan el agregado plaquetario, que cubre como parches las zonas endoteliales desnudas y recubre las burbujas con una costra progresivamente más estanca y firme. Un fenómeno de vasodilatación sucedería a la vasoconstricción inicial.

El proceso de coagulación se mantendría activo y autosostenido sobre los

conglomerados, de los que se pueden desprender pequeños núcleos embólicos primarios que proyectan a distancia y por contacto, la activación de la coagulación, y en algunos casos extremos alcanzar un nivel de diseminación global, que no es otra cosa que la generalización de un mecanismo reaccional intermedio y autosostenido, a la presencia de burbujas de gas neutro en la sangre.

La reacción hemotológica, se iniciaría, posiblemente, ya en la microcirculación venosa periférica, pero alcanza su máxima intensidad a nivel de la circulación pulmonar derecha cuando las burbujas inundan ese circuito de capilares de calibres progresivamente menores, situación que favorecerá las lesiones mecánicas por fricción y las reacciones desencadenadas por ellas.

El cuadro descrito, con infinitas variaciones de intensidad, acompañaría a la aparición de la burbuja y podría alcanzar una expresión clínica específica en cada buceador y para cada buceo en particular.

Existe en el esquema etiopatogénico señalado, un sinnúmero de aspectos desconocidos o no confirmados, así como la presencia de condicionantes personales que modificarían significativamente la reacción individual ante el agente agresor representado por la burbuja, ello explicaría la errática evolución clínica de este síndrome y el carácter personal e irrepetible del accidente agudo.

Se ha establecido fehacientemente, por ejemplo, la influencia favorecedora que, en la aparición del **"Mal de Presión"**, juega la ingesta previa de alcohol (por modificación de la tensión superficial) y la ingesta previa exagerada de lípidos (que intensifican la formación de aglomerados intravasculares). Así mismo, ha sido demostrada la importancia del cansancio físico y psíquico y el antecedente de buceos prolongados y profundos (a más de 40 metros), en las 24 horas previas al buceo causal directo.

Por otra parte, se ha confirmado la importancia del entrenamiento y la práctica permanente del buceo como factor que aumenta el endurecimiento orgánico a desarrollar accidentes agudos por descompresión inadecuada.

## De la Etiopatogenia al tratamiento

Siendo la burbuja de gas inerte el fenómeno inicial y central que desencadena la aparición del cuadro, pareciera indudable que el tratamiento biofísico inmediato del accidente, mediante la recompresión (redisolución de la burbuja) y descompresión programada (desaturación del gas inerte de los tejidos sin entrar en situaciones de sobresaturación crítica), es SIN DUDA EL TRATAMIENTO IDEAL.

Sin embargo, debemos aceptar, que sólo puede ser posible en circunstancias excepcionales y, en nuestro país, imposible en la práctica, si consideramos la extensión extrema de nuestro litoral, la práctica rural alejada de la actividad subacuática (recolectora especialmente) la escasez de centros dotados de cámaras hiperbáricas de tratamiento y personal médico y paramédico capacitado en su operación.

La recompresión y descompresión terapéutica realizada bajo el mar, (utilizada masivamente por nuestros buzos) sólo produce en la práctica, la agravación del cuadro base por desconocimiento de los procedimientos adecuados de tratamiento y las dificultades y peligros que existen cuando se pretende llevarlos a cabo en pacientes afectados por formas graves, que serían los únicos en que la aplicación del procedimiento tendría justificación.

Debemos por otra parte, suponer, que el fenómeno reaccional hematológico, gatillado por la presencia de la burbuja de gas neutro, debemos presumir que se inicia antes que aparezcan los síntomas y signos del Mal de Presión en la etapa que existen burbujas locales o circulantes "**clínicamente silenciosas**" cuya existencia ha sido ampliamente demostrada (efecto DOPPLER) y cuya inocuidad pareciera razonable sujeta a discusión. \* (nota al pie).

En consideración de lo señalado, pareciera conveniente ante todo accidente descompresivo considerar la aplicación prioritaria del tratamiento farmacológico precóz, con el objetivo de controlar las secuencias reaccionales involucradas siempre en el proceso y que determinarán, en cierto modo, el carácter irreversible del cuadro. **No significa ello, en modo alguno, que el tratamiento farmacológico excluye el tratamiento biofísico en cámara,** sólo planteamos que, deben ser considerados necesariamente complementarios y en ese contexto se estima recomendable la aplicación prioritaria del tratamiento farmacológico, en consideración del proceso hematológico de reacción a la burbuja, que este tratamiento va a permitir manejar, evitando así la libre evolución del cuadro.

En el caso que exista la posibilidad de traslado del accidentado a un centro hiperbárico, el tratamiento farmacológico permitirá mantener la situación hematológica en condición estabilizada y susceptible de ser favorablemente modificada por el tratamiento en cámara, quizás (6 a 8 hrs.) de los plazos aceptados como útiles para tentar esa terapéutica, y que en algunos casos ha tolerado demoras de hasta 72 horas y obtenido un positivo rendimiento.

Lo señalado alcanza en nuestro medio gran importancia, si consideramos las condiciones en que se realiza el buceo y la escasez de centros asistenciales costeros adecuadamente implementados para su atención.

---

\* La determinación de burbujas por efecto Doppler es un nuevo procedimiento cuya aplicación también ha abierto una notable alternativa para el manejo personal de la descompresión de cada buceo, en el diagnóstico de riesgo de accidentes graves y en la conducción terapéutica del accidente.

# Atención de la enfermedad de descompresión de forma aguda.

## 1. FICHA DE TRATAMIENTO (ANEXO II)

**Generalidades:** El documento considera en su primera parte el registro sistemático de diversos datos de interés en relación con los poco conocidos aspectos médicos involucrados en la práctica del buceo y que permitirán planificar a futuro su óptimo manejo asistencial. (A,B,G,D). A continuación se estudian las condiciones del accidente actual (E) y se entrega una guía metodológica de examen del accidentado y el procedimiento para establecer el diagnóstico. Basados en éste, se recomienda a continuación, esquemas de tratamiento fundamentados en el mecanismo etiopatogénico de la enfermedad, que el médico podrá decidir de acuerdo a su criterio, conocimiento y experiencia.

**Descripción de la ficha:** Esta presenta, ordenados en párrafos secuenciales, individualizados, los siguientes items:

A. **La individualización del paciente:** Nombre (1-2-3). Edad (4). Sexo (5) y Previsión (6), domicilio (7), clasificación de su tipo de actividad (8): buceador profesional (P), mariscador (M), salvataje (S), buceador deportivo (DEP) y otros (modalidades como buceadores investigadores o profesionales universitarios), el número de matrícula (9) (curso de INACAP, Marina de Chile y otros (10), el cumplimiento del examen médico de aptitud (11), y la fecha (12) en que éste, eventualmente se habría efectuado.

B. **Antecedentes de accidentes similares previos:** ha sido demostrado que todo accidente deja como secuela alteraciones histológicas definitivas, que alteran el comportamiento tisular ante el gas inerte, y constituyen lugares de "menor resistencia", en los cuales posteriormente se desarrollan selectivamente nuevos accidentes, aunque el tiempo de descompresión señalado por las tablas, haya sido cuidadosamente respetado por el buzo. Ello se consigna (13), precisando si se trató en una forma cutánea, osteoarticular o neurológica (14), (las formas más fáciles de recordar para el buceador), la fecha (15), en que ello se produjo, el tratamiento que haya recibido (16) y las secuelas que provocó (17).

### C. Este párrafo precisa las circunstancias del accidente actual

El lugar en que se produjo (18), la profundidad máxima (19) que alcanzó el buceador en su trabajo, el estado del mar (20), existencia de corrientes (21), apreciación de temperatura (22), El motivo del buceo (23), representa también un dato muy importante, dado que gran parte de estos accidentes se producen en relación directa con trabajos recolectores específicos (pesca de congrio, recolección de cholgas en el litoral norte, erizos en el sur).

Los equipos de respiración submarina (24) utilizados habitualmente son:

- a. **ARA:** (aparatos de respiración autónoma). Botellas (1, 2 ó 3 cilindros de aire comprimido provistas de respirador).
- b. **HOOKAH o "MATERIAL":** El "Buzo/Rana" respira por regulador de aire provisto por manguera desde el compresor en el bote.
- c. **OTRO:** Escafandra clásica de casco.

Los buceadores utilizan en su actividad un traje protector isotérmico húmedo, confeccionado de espuma elástica de neopréen (25) de diferentes grosores. Su ajuste personal, grosor y estado de conservación, determinan su efectividad protectora al frío, factor importante en la velocidad del proceso de saturación y desaturación tisular.

A continuación se consignan la apreciación del costo energético de la actividad realizada (26) y con ello, indirectamente, una apreciación del nivel de incorporación de nitrógeno a los tejidos del buceador.

Entre los factores predisponentes a la aparición del mal de presión agudo, debe citarse la fatiga física y psíquica, la ingestión previa de alcohol (ambos datos consignan en (26), (27) y (28), la presencia de CO-CO<sup>2</sup> y aceites pulverizados en el aire suministrado al buceador por su equipo compresor en malas condiciones.

**D. Tablas de descompresión:** hemos señalado que la gravedad del accidente guarda, en general, una estrecha relación con la magnitud del error técnico en que el buceador ha incurrido en su programa de vuelta a la superficie. (Omisión de tiempos de descompresión señalados por las Tablas de Descompresión para buceo con Aire).

Se consignan en este párrafo (29) la cronología del buceo efectuado, que



habitualmente, en el caso de nuestros buceadores recolectores, es repetitivo, es decir, una sucesión de buceos (3 ó 4), interrumpidos por breves lapsos de descanso en el bote. Ello permite apreciar si cumplen y efectúan correctamente los programas de descompresión y la magnitud de los errores cometidos que, como lo hemos señalado, tienen habitualmente una expresión clínica proporcional.

E. **La historia clínica del accidente:** Siendo este cuadro de tipo "a intervalo libre", se recoge en este párrafo, la aparición secuencial de los síntomas y signos (30 y 31), la consignación de realización de intento local de recompresión/descompresión terapéutica en el mar (32), (que de acuerdo a nuestra experiencia, siempre agrava el cuadro inicial por desconocimiento de su práctica adecuada) y finalmente, los datos que permiten establecer la demora en la consulta médica actual. (33, 34, 35).

F. **Cuadro Clínico.** Con este párrafo se inicia el estudio clínico específico.

F.1. Se precisan los síntomas y signos que permitirán clasificar el accidente y con ello evaluar su gravedad, pronóstico aproximado y la precisión formal de presentación de este cuadro tan poliformo. (36 y 37).

F.2. El examen clínico general y segmentario establecido en la ficha, (38) intenta sólo entregar un procedimiento semiológico ordenado, elemental y que consigne sistemáticamente los hallazgos más importantes del examen. (38 al 56). Incluye un examen neurológico simple y perfeccionable (57 al 69).

G. **Resumen:** Síntesis global del cuadro clínico. (70).

H. **Diagnóstico:** El diagnóstico del caso puede incluir la presencia frecuente de cuadros mixtos o dudosos. (71, 72 y 73).

I. **Capítulo final:** En este, capítulo final y fundamental del documento propuesto, se entregan sugerencias de modelos terapéuticos para la atención de las diferentes formas de presentación del Síndrome. **Ellas deben considerarse sólo como guías orientadoras para el médico sin experiencia particular en el tema.**

## CONSIDERACIONES TERAPEUTICAS (74 AL 77)

Se estima que es recomendable hospitalizar todos estos casos, por leves que ellos sean, en consideración de las sorpresas evolutivas que pueden experimentar y las dificultades diagnósticas que se presentan en los casos dudosos. (71, 72, 73)

La administración precoz de oxígeno normobárico (78) se ha demostrado de fundamental importancia, no sólo con el objeto de mejorar las condiciones de hipoxia tisular que se hubiesen producido, sino también por la ventaja de mantener un forzado gradiente de Presión parcial de gas inerte entre el nivel tisular y alveolar, que favorece su remoción desde el primero.

La hemoconcentración y el edema perivascular son situaciones que complican de regla los cuadros graves. El uso de DEXTRAN (79), expansor del plasma y antigregante plaquetario, tiene con la hidratación parenteral (sueros glucosados y glucosalinos) una especial importancia (80), proporcionando de paso, una vía expedita para la administración del tratamiento farmacológico, que idealmente debe prescindir, dentro de lo posible, (y especialmente en los casos graves) de la vía digestiva.

### Tratamiento anticoagulante

El fundamento de la utilización de heparina i.v. se basa en sus propiedades depuradoras del plasma lipémico turbio (por hidrólisis enzimática) y su conocida acción anticoagulante inmediata, que permite controlar el tromboembolismo venoso. (81).

Su indicación debe circunscribirse a los casos osteoarticulares con dolor de gran intensidad y a los cuadros broncopulmonares ("**Chokes**"). No deben administrarse en los casos neurológicos por la eventual existencia de focos hemorrágicos.

En los casos indicados se recomienda iniciar el tratamiento con un bolo endovenoso de 10.000 U. y completar por igual vía 25.000 U. en 24 horas en dosis fraccionadas cada 6 horas.

En gran número de casos los accidentados presentan ansiedad, angustia y agitación. Se recomienda en estos casos, la administración de clorpromazina inyectable, droga que agrega un efecto antiagregante plaquetario a su acción sedante. (82).

El uso de Aspirina (83) en microdosis oral o inyectable, distribuidas cada 6 a 8 hrs. es de primera importancia por su acción antiagregante plaquetaria y su accesibilidad. Es siempre recomendable su uso. Los analgésicos (inyec. y

supositorios) tienen su indicación en los casos de sintomatología más intensa (84). Los corticoides inyectables deben utilizarse en todos los casos graves o dudosos (85).

El control del ciclo vital del paciente, el calor local (86), la inmovilización en los casos osteoarticulares, la evacuación intestinal y vesical en los casos neurológicos representan valiosas medidas complementarias de enfermería. (83).

La administración de Hydergina inyectable (87) ha sido utilizada profusamente por sus pretendidos efectos antiagregantes plaquetarios, antiinflamatorios y vaso dilatadores. Circunscribimos la recomendación de su uso a los cuadros cutáneos y osteoarticulares.

El uso de diuréticos inyectables (88) estará indicado junto con los cardiotónicos en la insuficiencia cardíaca que puede acompañar ocasionalmente al cuadro de tipo grave. (Broncopulmonar e insuficiencia cardíaca secundaria), los antiácidos como medida precautoria cuando se utilice aspirina y corticoides, los broncodilatadores y antiedémicos cuando ello se justifique.

La interconsulta (89) telefónica puede ser de extraordinaria importancia en aquellos casos en los cuales es difícil el diagnóstico o la indicación terapéutica es discutible (\*).

La decisión de traslado del paciente (90) plantea ocasionalmente una situación difícil. Se analizan a continuación las "situaciones problema" más frecuentes y se recomiendan las alternativas de manejo terapéutico en cada caso.

a. Si se trata de un cuadro Tipo I o dudoso, de corta evolución, buceo causal del accidente ha sido a una profundidad menor de 40 mts., no se dispone de cámaras hiperbáricas, sin posibilidad de trasladar al paciente a Centro Hiperbárico en un plazo no menor de 12 horas, si el traslado, pasa por alturas sobre los 1.000 mts. o es un extremo accidentado, se aplicará de inmediato el Tratamiento farmacológico y se vigilará la evolución del cuadro.

(\*) Ministerio de Salud Programa

del Ambiente

Fono 381843 Santiago

Hospital San Pablo/Coquimbo

Fono 311101. Coquimbo

Hospital Neff

Fono 59491 Valparaíso

Hospital de Ancud

Fono 355 ó 356 Ancud

Hospital de Quellón

Fono 243 Quellón

b. Si en esas condiciones se dispone de médico experto y buceadores acompañantes calificados, puede efectuarse la tentativa de recompresión en el mar del buceador accidentado, previa estabilización clínica del cuadro por tratamiento farmacológico. El tratamiento en el mar debe efectuarse siguiendo estrictamente la Tabla 2A.

En general, podemos señalar que en los casos cutáneos y ostearticulares basta con el tratamiento farmacológico prolongado por 24 horas en servicio asistencial, si no se dispone de cámara hiperbárica. (ver gráficos N° 1).

La indicación de tratamiento en cámara se hará en el Centro Hiperbárico de tratamiento, se llevará a cabo de acuerdo a las Tablas de tratamiento establecidas por la Marina Americana y sancionadas como reglamentarias para el tratamiento en nuestro país por Decreto N° 752 de la Subsecretaría de Marina publicadas en el Diario Oficial N° 31413 de fecha 10 de noviembre de 1982 a las que se deben agregar las tablas 5, 6 y 6A, especialmente útiles si la cámara de tratamiento dispone de sistema de oxigenoterapia. (Anexo II).

J. **Esquemas de tratamiento sugeridos:** De acuerdo al tipo y forma de presentación del accidente médico, se recomiendan modelos de tratamiento que incluyen una secuencia horizontal de medidas terapéuticas, señaladas y numeradas para aplicar selectivamente en cada caso. Ello permitirá al médico tratante organizar precozmente un esquema global de tratamiento en el caso específico.

## Normativa para el tratamiento biofísico

(recompresión/descompresión cámara hiperbárica del accidente agudo por descompresión inadecuada).

### Objetivos del tratamiento:

Siendo la burbuja de nitrógeno el elemento causal del cuadro clínico, el tratamiento biofísico persigue lograr su desaparición y eliminación en la forma más precoz y rápida posible, evitando el desarrollo del proceso hematológico reaccional y el progreso de los daños mecánicos producidos.

El tratamiento biofísico se realiza en "**Cámara Hiperbárica**" y siguiendo estrictamente las indicaciones señaladas por las "**Tablas Terapéuticas Reglamentarias de la Marina Americana**", procedimientos de reconocida eficacia, sim-

ples y seguras y cuyo uso ha sido oficializado desde 1982 en nuestro país. (Anexo II).

Podemos distinguir en el tratamiento biofísico tres fases diferentes:

### 1. Fase de compresión de la Burbuja:

Velocidad de presurización variable, de acuerdo al caso. Idealmente 25 pies x minuto (8 mts. x min.). Presurización máxima: 100 a 165 pies (30 a 50 mts.) de acuerdo a las características clínicas del caso. (tipo I, II o dudoso)

**Objetivo: Reducción del diámetro de la burbuja (a 1/4 o 1/5 de su volumen)**

### 2. Fase de redisolución de la burbuja y estabilización del cuadro:

En función de la presión y el tiempo, la burbuja de gas inerte se redisuelve en los tejidos y se comprueba habitualmente en esta etapa, la objetiva mejoría del cuadro clínico en el paciente.

### 3. Fase de desaturación programada:

En esta etapa se procede a despresurizar lentamente la cámara por etapas alternadas con detenciones a presiones (profundidades) establecidas en la tabla seleccionada de acuerdo al tipo del caso en tratamiento.

Mediante este procedimiento, **que debe ser rigurosamente respetado**, se permite al pulmón eliminar el exceso de gas inerte almacenado en los tejidos, evitando reincidir en "situación de sobresaturación crítica sobrepasada", que motivó el accidente.

La respiración de oxígeno 100% a partir de los 18 metros de presión absoluta en cámara, permite crear gradientes de presión parcial que favorecen la más rápida remoción del gas inerte de los tejidos, acortándose con ello el tratamiento (tablas Aire Oxígeno).

La precocidad de las aplicaciones del tratamiento en cámaras hiperbárica tiene máxima importancia y la experiencia ha demostrado, que correctamente dentro de las primeras seis horas de producido el accidente, logra habitualmente la resolución dramática y total del cuadro base.

Transcurridas 12 horas de la iniciación del cuadro, el rendimiento del tratamiento decae significativamente, lográndose sin embargo, remisiones totales hasta 48 horas después de producido el accidente.

Estas respuestas estarían condicionadas en grado importante por el grado de avance del proceso hematológico reaccional a la presencia de la burbuja y

que tiende a rodearse de una cápsula estanca de fibrina, plaquetas y elementos figurados a lo que se agregan la producción de aminas vaso y bronco activas.

Este proceso naturalmente dificultará significativamente la desaparición de la burbuja por redisolución y entorpecería el rendimiento del tratamiento en cámara.

El tratamiento farmacológico, que persigue como objetivo controlar el proceso reaccional, explicaría la aplicación exitosa del tratamiento biofísico más allá de los breves límites tradicionalmente aceptados como útiles para ello (6 a 12 horas).

Reiteramos que lo señalado tendría particularmente importancia en nuestra realidad, caracterizada por la dispersión rural de la actividad en que estos accidentes se producen y la carencia de un número suficiente de centros dotados de cámaras hiperbáricas de tratamiento y personal calificado en su operación.

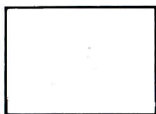
## Gráfico Nº 1

---

Recomendación de estrategia terapéutica ante el accidente agudo por descompresión inadecuada.

---

### Sospecha diagnóstica



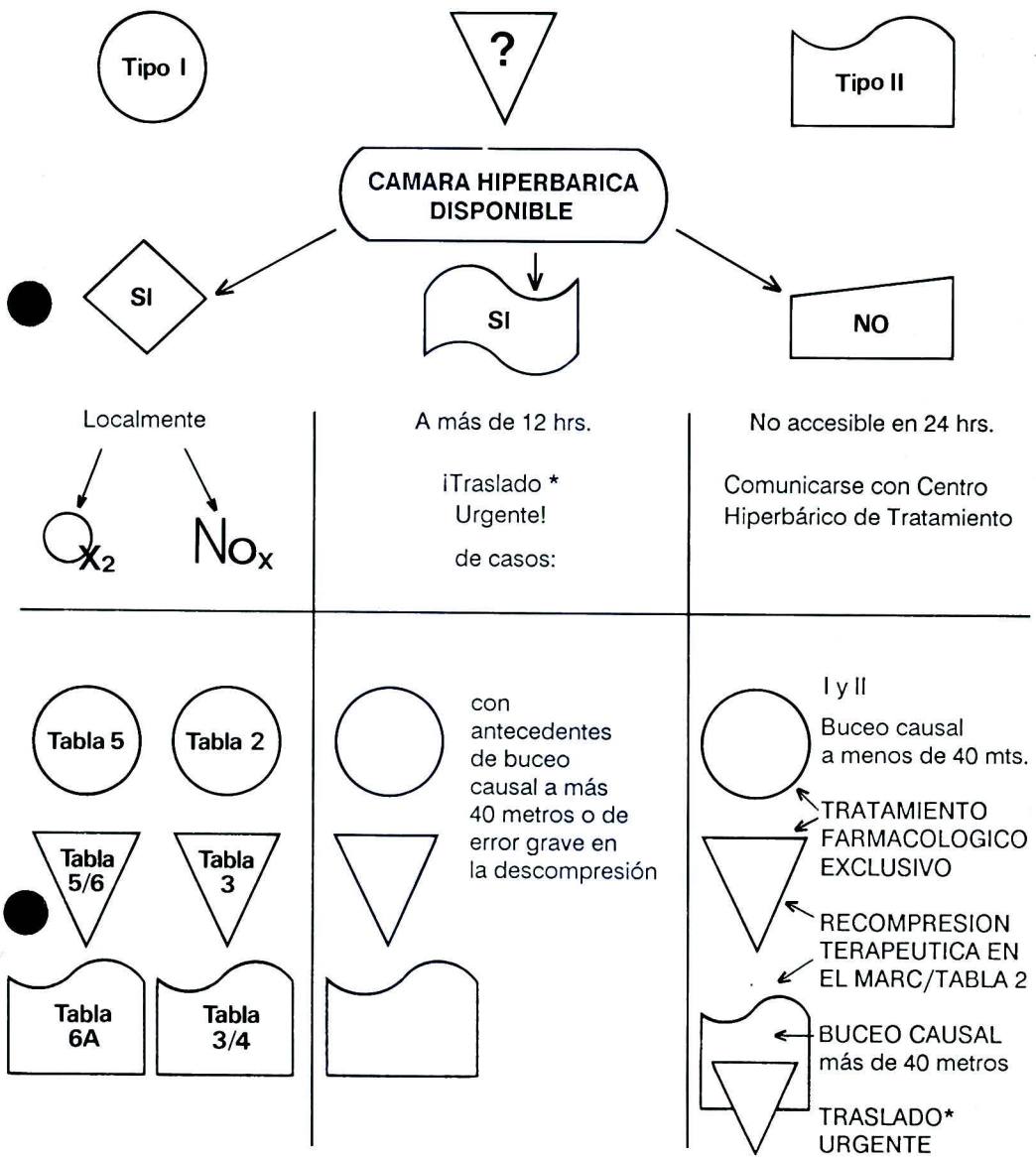
cuadro clínico que aparece dentro de un plazo aproximado de 6 hrs. después de finalizado un buceo en que no se han aplicado correctamente las Tablas de Descompresión

### Aplicación inmediata de la ficha de tratamiento farmacológico.



- Se establece diagnóstico
- Se inicia esquema terapéutico medicamento de acuerdo al caso específico.

Gráfico N° 1



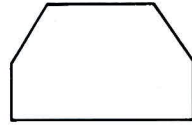
\* El traslado del Accidentado debe ser efectuado con máximo cuidado evitando sacudidas y movimientos bruscos. Evitar traslados por caminos en alturas superiores a 1000 metros y en avión sin cabina presurizada.

## Gráfico N° 2

### ¿Reaparición del cuadro clínico?

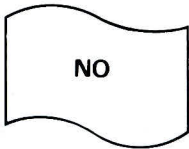


¿Durante el tratamiento?

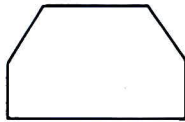


¿Después del tratamiento?

¿Oxígeno disponible?  
(en la Cámara)

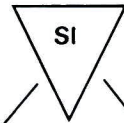


NO

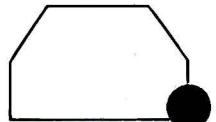


Comprimir a 165 pies  
(50 metros)

comprimir a presión  
de alivio por 30 min.



SI



aplicar Tabla 6 por 60 min.  
¿no alivia?

**Tabla 4**



### Gráfico N° 3

#### Diagnóstico de Aeroembolia por sobrepresión pulmonar

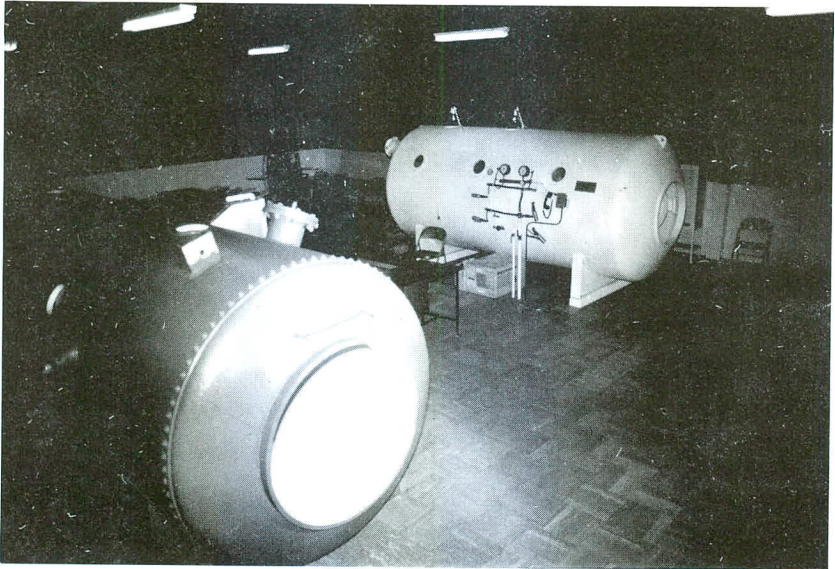


- 1 Tratamiento Farmacológico
- 2 Tratamiento Biofísico de Urgencia en cámara hiperbárica



■ ¡COMPRESIÓN RAPIDA A 165 PIES!

	CAMARA C/O <sub>2</sub>	CAMARA S/CO <sub>2</sub>
ALIVIA EN 10'	<b>Tabla 5</b>	<b>Tabla 3</b>
ALIVIA EN 25'	<b>Tabla 6A</b>	NO ALIVIA ↓
NO ALIVIA EN 25'		<b>Tabla 4</b>



Unidad de Baromedicina  
Centro de Investigaciones Submarinas (CIS)  
Universidad del Norte - Coquimbo - 1982.

## ASPECTOS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO DE CAMARAS HIPERBARICAS

- La cámara hiperbárica: estructura y característica
- El recinto físico: **Centro hiperbárico**
- Normas y recomendaciones para la operación segura del equipo

# Seguridad Operacional en el Manejo de la Cámara Hiperbárica.

Debe entenderse que nos referiremos al equipo prototipo, es decir a la cámara multiplaza y doble exclusiva de tratamiento: (Fig. 1)

**Descripción:** El equipo está compuesto por un cilindro de acero, de diámetro y longitud variable (idealmente 1,8 x 4,5 mts. para la cámara corriente de tratamiento), con sus extremos abombados, provisto el anterior de puerta de acero estanca que abre al interior. El espacio interior de la cámara está dividido en dos secciones (cámara antecámara), por una pared abombada, provista también de puerta de acceso. Ambos compartimentos se pueden presurizar y despresurizar en forma independiente.

Las puertas se cierran desde dentro en forma hermética por presión sobre anillos de goma colocados en el vano de la cámara.

El cuerpo del equipo está provisto de portillas estancas de plexiglas para la observación e iluminación externa del interior. Dispone, también, de un número variable de pasos herméticos a través de la pared destinados a la instalación de diversos equipos (intercomunicadores, alarmas, manómetros, ductos de entrada y salida de gases, válvulas de seguridad, equipos de control de concentración de gases en el interior, alarmas, espiches, etc.

Las soldaduras de la cámara deben ser revisadas por RX y la estanqueidad de ella comprobada por prueba hidráulica a 1,5 veces la presión máxima de trabajo.

El interior y exterior del equipo debe haber sido arenado "**a metal blanco**" y recubierto de inmediato con antióxido y pintura antiflama.

La cámara hiperbárica es presurizada mediante un sistema de producción, acumulación, conducción y entrega controlada de aire comprimido. Este sistema está integrado por un compresor (idealmente dos), activado por energía eléctrica o por motor a explosión para funcionar en caso de emergencia. El compresor debe entregar aire puro, que una vez filtrado es almacenado en los bancos de aire "**Primario**" y "**Secundario**". (\*) Desde allí es conducido por una red de cañerías provistas de sus llaves y manómetros ubicados a la vista y fácilmente accesibles, hasta la consola de comando del equipo situada en el costado derecho de la cámara.

El sistema de presurización de la cámara debe tener un sistema de comando interno y externo, dotado de las llaves de paso y los manómetros correspondientes para su manejo. Las salidas interiores de los ductos de ataque (presurización) deben estar provistos de silenciadores de lana de vidrio o

---

\* Deben contener un volumen suficiente para garantizar la presurización rápida de la cámara y la atención de la ventilación en un tratamiento prolongado.

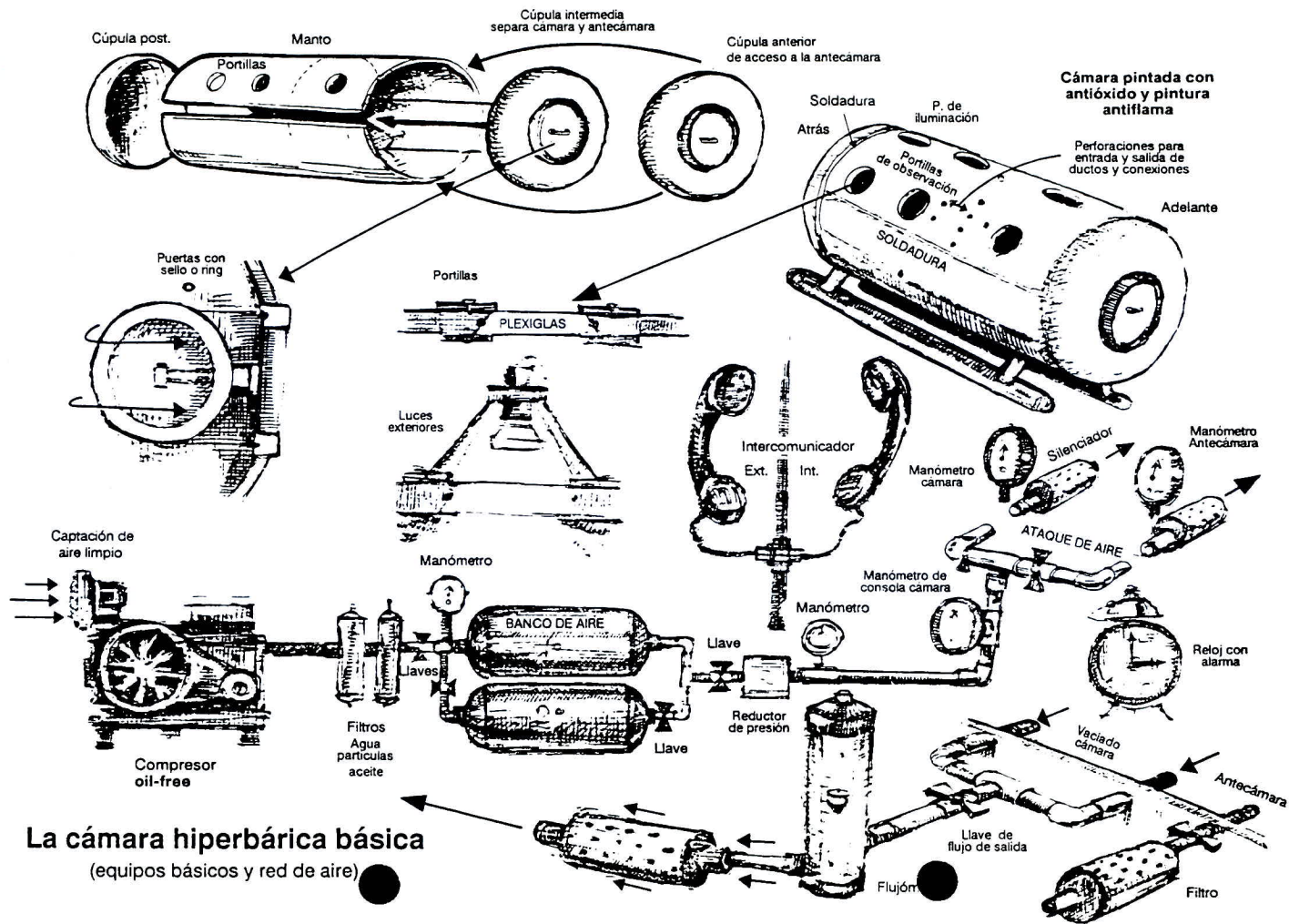
viruta de acero. La despresurización de la cámara se regula mediante llaves que gobiernan los ductos de salida (exhaustación) del aire comprimido desde el interior de la cámara y/o antecámara que al pasar a través del flujómetro permite modular la ventilación de la cámara de acuerdo a necesidad y de acuerdo a las normas establecidas para cada tipo de tratamiento en particular. Un reloj permite controlar la duración de las etapas que debe cubrir el tratamiento, de acuerdo a la tabla terapéutica que haya sido seleccionada para el caso específico. Un juego completo de estas tablas debe estar disponible en el recinto para facilitar su consulta y aplicación.

Al igual que los ductos de ataque, los ductos de exhaustación debe estar provistos de silenciadores.

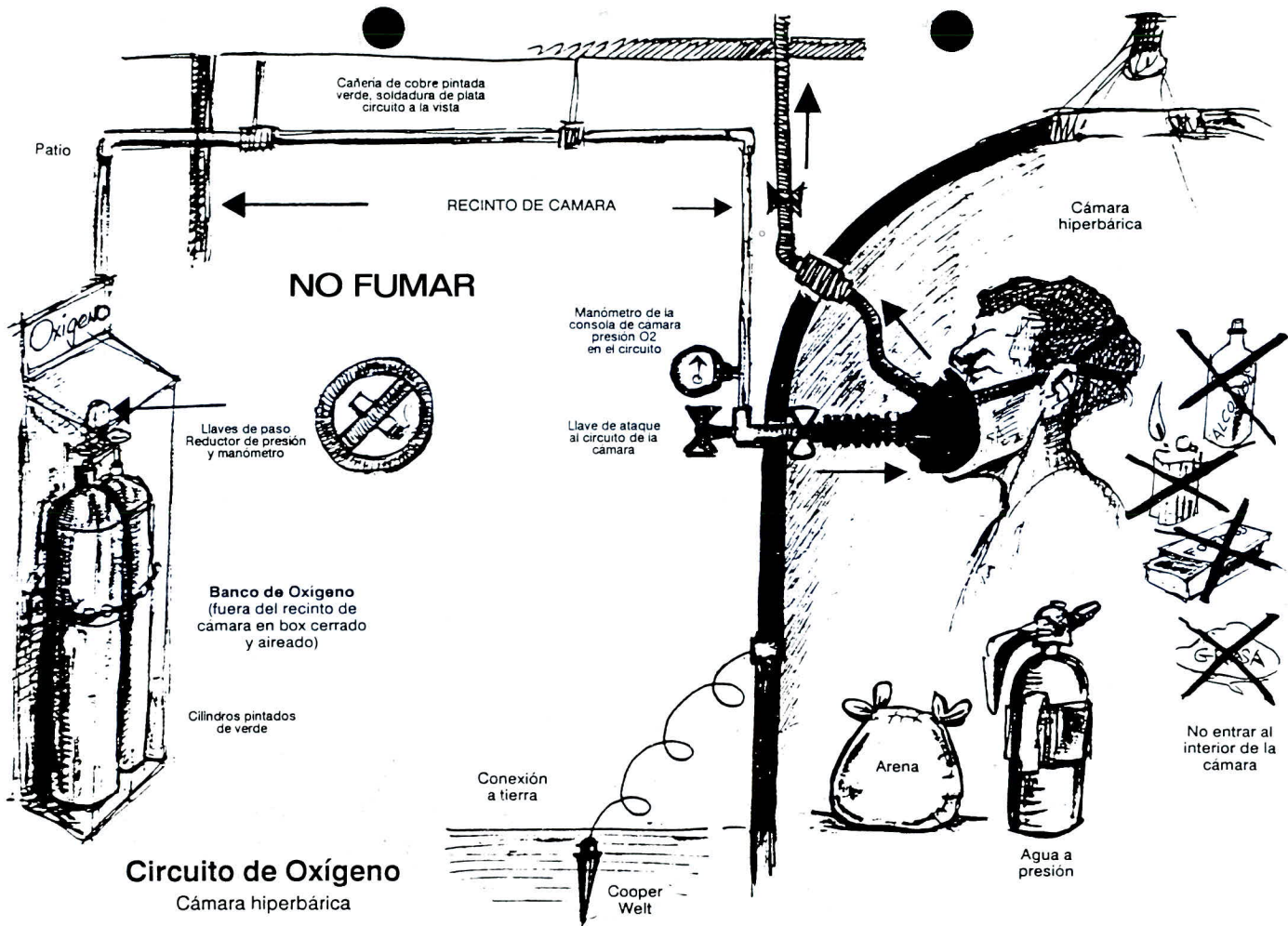
Es altamente recomendable confeccionar un plano completo de las instalaciones para facilitar el examen rutinario y la mantención del sistema , asimismo dotar al equipo de un sistema de alarma acústico visual.

### **El recinto para la cámara y sus equipos accesorios.**

El local físico para situar la cámara hiperbárica y permitir su operación adecuada debe tener una amplitud razonable, bien aireado e iluminado, piso y paredes incombustibles, lisas y lavables y disponer, a lo menos de un acceso amplio, (doble puerta) y uno de servicio (puerta simple). Debe contar con agua corriente (cañería de una pulgada) y doble sistema eléctrico monofásico y trifásico. Idealmente deberá incluir una pieza de descanso y baño para la tripulación.



**La cámara hiperbárica básica**  
(equipos básicos y red de aire)



**Circuito de Oxígeno**  
Cámara hiperbárica

Los centros hiperbáricos son centros médicos de tratamiento e idealmente deben situarse en inmediata vecindad con el servicio de urgencia hospitalario.

Junto al recinto de la cámara y separado físicamente de éste, debe estar ubicado el recinto de compresores y bancos de aire 1º y 2º.

Se ha establecido que la administración de oxígeno puro al paciente en tratamiento hiperbárico a partir de 1,8 ATA, permite efectuar tratamientos significativamente más breves que cuando se utiliza exclusivamente aire comprimido. Por ello, idealmente es recomendable que el sistema considere una red de oxígeno (Fig. E.5), que incluye el Banco de Oxígeno (cilindros de alta presión con sus llaves de paso, reductor de presión y manómetro) alojados en cobertizo metálico ventilado y señalizado, ubicado en el patio exterior al recinto de la cámara y alejado del recinto de compresores. Los ductos de conducción deben ser de tubos de cobre sin soldadura, cuyas uniones y codos de bronce estén soldados herméticamente con soldadura de plata. Los ductos al igual que los del aire comprimido, deben estar a la vista y pintados de color blanco los de oxígeno y negros los de aire, hasta su llegada a la consola de la cámara, en donde se conectan al manómetro de control y la llave de ataque exterior. El sistema de exhaustación del oxígeno será por vacío relativo desde la máscara al ducto de eliminación al exterior del recinto de la cámara. (El grado de vacío se regula por una válvula manual colocada en el exterior del equipo hiperbárico).

El uso de oxígeno tiene enormes ventajas prácticas pero también ofrece riesgos importantes, entre los cuales destacamos la intoxicación del paciente (hiperoxia) y la producción de incendios por combustión acelerada de materiales inflamables.

Ambos accidentes y especialmente el segundo, pueden revestir extraordinariamente gravedad (explosión de la cámara).

Para evitar la producción de chispas, fenómeno inicial de todo incendio, debe existir una conexión que descargue la electricidad estática a tierra. La existencia de un equipamiento anti-incendio es de rigor (arena y agua a presión) y la tripulación de la cámara debe estar entrenada en su uso.

# Aspectos de seguridad operacional en el manejo de la cámara hiperbárica

## GENERALIDADES

El manejo de estos complejos equipos terapéuticos exige del personal que la opera, un conocimiento básico de su estructura, manipulación y mantención, así como una información precisa y normalizada de los aspectos de seguridad más relevantes, entre los cuales se destacan la vigilancia de los factores de estanqueidad de la cámara, el funcionamiento correcto de las válvulas de seguridad, la provisión asegurada y suficiente de aire comprimido limpio y de oxígeno desde los bancos respectivos, a través de un sistema de tuberías adecuadas con trayectos parcializados y dirigidos, flujos silenciosos y dosificados por válvulas seguras y de fácil manejo, correcta ventilación por flujómetro. El complejo hiperbárico debe contar con un sistema de prevención, alarma y control efectivo de incendio.

### Los accidentes más frecuentes:

- 1) Disbarismos por mala presurización o despresurización de la cámara.
- 2) Aéreoembolismo y accidente por descompresión.
- 3) Barotraumas
- 4) Intoxicaciones por gases (Oxígeno, CO<sub>2</sub> y CO)
- 5) Incendios y explosiones.

### Revisión de las causas más frecuentes de accidentes graves en la operación de las cámaras - Recomendaciones:

#### 1) Fallas de la integridad mecánica de la cámara sometida a presión elevada:

Una brusca pérdida de presión puede provocar serios accidentes a los ocupantes de la cámara presurizada e incluso puede afectar al personal que la opera en el exterior de ella. Para evitarlo, las soldaduras de la cámara y los ductos así como las uniones mecánicas estancas, deben estar garantizadas por examen Rx, ultrasonido y prueba hidráulica.



La mayoría de las cámaras construidas en Estados Unidos en los últimos años, cumplen las llamadas especificaciones ASME, que es un código de normas diseñado para proteger a los manipuladores y a los ocupantes de las cámaras contra los riesgos ya señalados. Sin embargo, debemos señalar que este código se ha demostrado insuficiente en la práctica (no incluye, por ejemplo, las especificaciones para el uso de acrílico en las claraboyas de observación e iluminación). Por ello se están desarrollando, reglamentos más completos para los recipientes presurizados destinados a uso humano.

En Estados Unidos la inspección y control del cumplimiento de las normas de construcción de estos elementos está a cargo del American Bureau of Shipping del Servicio de Guardacostas y en otros países por el Lloyd (Inglaterra) y la oficina Veritas (Francia). Las cámaras a presión deben ser sometidas a una prueba hidrostática (a 1 1/2 veces la presión de trabajo) una vez que se ha terminado la soldadura. Después de instalar el equipo y, para comprobar que la cámara y las conexiones han sido hechas correctamente, debe procederse a presurizar la cámara con aire hasta su máxima presión de diseño.

Si la cámara ha sido fabricada con materiales oxidables, debe ser primero pulida a "metal blanco", pintada de inmediato y cuidadosamente con antióxido y luego con pintura epóxica antiflama, resistente al lavado intensivo con agua caliente y detergente, los que deberán efectuarse después de cada uso. Hay que inspeccionar regularmente y con detención la presencia de corrosión o quebraduras, especialmente en los sitios en declive y en aquellos puntos de soldaduras más extensas de la cámara. Cuando se han encontrado sitios de corrosión ellos deben ser sometidos a un completo proceso de limpieza y repintado como el que hemos descrito anteriormente. El agua no debe acumularse en los sitios en declive. Los sellos de las portillas de iluminación/observación de las puertas deben ser mantenidos limpios y regularmente inspeccionados y eventualmente reemplazados si ello procede. Después de todo cambio, la cámara deberá ser presurizada a presión máxima de trabajo para comprobar su estanqueidad.

Si no se han introducido modificaciones estructurales a la cámara en su instalación, no es necesario someterla a nueva prueba hidrostática en el corto y mediano plazo.

Los cristales o plásticos de las mirillas de observación e iluminación deben ser protegidas de daños térmicos y mecánicos.

El calor producido por luces de alta intensidad, es una causa reconocida de ruptura del elemento transparente con la consecuente y brutal caída de la presión en el interior de la cámara. Entre los procedimientos de emergencia que deben considerarse en el manejo de las cámaras, debe incluirse el manejo de este tipo de accidente. En todo caso ha sido establecido que la mayoría de los accidentes conocidos, pudieron haber sido prevenidos si hubiesen previamente sido advertidas y tratadas las fallas que los motivaron. Las cámaras multiplazas organizadas en complejos y con un buen diseño opera-

cional permiten superar las emergencias que exigen recompresión inmediata de sus ocupantes.

Las cámaras que se usan con fines terapéuticos, cuentan habitualmente con un sistema de Bancos de aire que pueden compensar dentro de ciertos límites una pérdida brusca de presión por una falla estructural.

Toda la línea de cañerías y la grifería que conecta el exterior con el interior de la cámara debe ser de fácil y accesible operación bilateral. Señalamos que las uniones de manguera flexible, están más expuestas a daños mecánicos y por ello deben ser objeto de especial control. Las líneas de suministro de gases a la cámara, habitualmente están provistas de válvulas unidireccionales. Este tipo de válvulas no deben ser usadas para la exhaustación de la cámara, debiéndose preferir para ello las válvulas de cierre rápido de flujo. Las especificaciones actuales para los recipientes a presión destinados al uso humano, exigen la incorporación a la cámara de válvulas de seguridad, calibradas a la presión máxima de trabajo del equipo.

En condiciones habituales de uso terapéutico no se alcanza nunca (salvo por error grave de operación), la máxima presión de diseño de la cámara y debe recordarse que las válvulas de seguridad están expuestas a fallas mecánicas que pueden impedir su función protectora, sin embargo y pese a ello, aportan indiscutiblemente un factor de seguridad que hace imprescindible su presencia (se las debe ubicar, en la mitad superior del cuerpo de la cámara en correspondencia con los diversos compartimientos). Las válvulas deben ser calibradas a una Presión de activación 6% superior a la presión máxima de trabajo del equipo. Es recomendable usar aquellas que pueden ser inactivadas manualmente (y no usar las de disco o sello de ruptura), ya que ello permite evitar despresurizaciones bruscas.

Los compartimientos de la cámara hiperbárica deben estar equipados con válvulas que permitan a los ocupantes descomprimir la cámara desde el interior. Se debe insistir que ello constituye un resguardo más de seguridad y no excluye la presencia obligada de un supervisor de manipulación de la cámara que conduzca la compresión y descompresión de ella desde el panel de control exterior. Es altamente recomendable que, junto con los sistemas e intercomunicación, exista un sistema de alarma eficiente desde el interior de la cámara que permita denunciar cualquier accidente no detectado por los operadores externos.

## **2) La manipulación de los gases**

La manipulación de los gases debe ser sencilla y fácil de operar en condiciones de rutina y emergencia. Su diseño debe estar claramente señalizado específicamente la función, contenido, presión y dirección de los flujos en las líneas y válvulas, así como su carácter de ataque o exhaustación.

Un diagrama de flujo funcional debe estar expuesto en lugar visible, inclu-

yendo el esquema completo de las líneas. Ello permite un mejor control y favorece el entrenamiento del equipo, la mantención sistemática y la selección de la mejor alternativa ante una emergencia. Es recomendable que las líneas estén pintadas con los colores señalados por los códigos. (el color blanco designará al oxígeno, el color negro al aire comprimido, el color plateado para la exhaustación, el rojo para el sistema de agua contra incendio y el color azul oscuro para el agua en general).

Los recipientes de acumulación de aire a presión elevada (acumuladores o banco de aire), así como las líneas dependientes de ellos, deben cumplir los requerimientos de trabajo señalado por las normas, y considerar en su instalación la expansión térmica, vibración y protección mecánica. Idealmente, debe fraccionarse, mediante el uso de válvulas, el sistema de alta presión, señalándose en forma claramente visible su presión de trabajo (2400-600-100 libras/pulg<sup>2</sup>). Después de la instalación o modificación de los acumuladores de aire y sus líneas, hay que proceder a su prueba hidrostática, presurizando a 1.5 veces la presión de trabajo y limpiándolos internamente en forma adecuada. Cuando se usa un regulador de presión debe dotarse a la línea de salida de una válvula de seguridad y, en general se considera que las líneas de alta Presión de aire y Oxígeno deben cumplir las mismas exigencias. Es recomendable, también, proveer un sistema de ataque manual directo que permita el manejo rápido del sistema, en la eventualidad de falla del regulador. Los cilindros para guardar gases a presión deben ser ubicados en la vecindad del complejo hiperbárico y no en el interior del recinto de la cámara. La protección térmica y la manipulación de ellos debe ser en extremo cuidadosa con el objeto de evitar accidentes provocados por el escape de gas a presión como sucede cuando se abre en forma descuidada las válvulas o se rompen por caída del cilindro. (Se ha demostrado que éstos, a plena carga, pueden desplazarse a gran velocidad y a más de 100 metros de distancia cuando se ha roto su llave de paso).

Antes de conectar el regulador al cilindro con gas comprimido, la conexión debe ser limpiada cuidadosamente, eliminando el polvo que puede existir en el orificio de salida (puede ser fácilmente removido, abriendo levemente la válvula). Reiteramos que los cilindros deben ser pintados de acuerdo al gas que contengan y debe guardarse especial cuidado cuando se hacen adaptaciones no estandarizadas en sus conexiones.

Las cámaras pueden ser presurizadas con aire según dos procedimientos: 1) en forma directa por un compresor que suministra elevados volúmenes gaseosos a presiones intermedias, 2) por un sistema de acumulación de aire (banco de aire).

Los compresores de aire son de dos categorías: a) de presión intermedia y b) de alta presión. Un compresor de presión intermedia opera entre 7 a 20 bares (100 a 300 libras por pulgada cuadrada) y puede suministrar hasta varios metros cúbicos de gas por minuto. Cuando se usa uno de estos compresores habitualmente se incorpora a ellos un estanque que cumple funciones de:

- 1) acumulador para permitir la presurización rápida
- 2) amortiguador de diferencias de presión;
- 3) reserva para eventuales prolongaciones del tratamiento

Los compresores de alta presión (150 a 200 bares - 2000 a 3000 libras x pulgada<sup>2</sup>) operan con pequeños volúmenes de aire a gran presión y se utilizan en general para cargar los cilindros del "Banco de Aire". Ambos tipos de compresores, idealmente no deben ser lubricados por aceite, y si lo son, deberá incluirse un sistema de filtros que permitan eliminar la inyección de partículas y aceite nebulizado a las líneas de suministro del gas a la cámara.

Un sistema de presurización seguro (Bancos de aire), deberá entregar aire limpio y en cantidad suficiente a los requerimientos del caso en tratamiento. Esto es, permitirá presurizar la cámara en dos oportunidades a la máxima presión de tratamiento y realizar un tratamiento prolongado (tabla 4) con dos personas, una en reposo y otra en actividad moderada en el interior de la cámara.

La calidad del aire suministrado tiene capital importancia y los mayores problemas al respecto lo constituyen la presencia de monóxido de carbono, aceites y otros variados contaminantes (solventes). En la mayoría de los casos la presencia de monóxido de carbono es provocada por aspiración del medio ambiente, pero también puede ser producido por el sobre calentamiento de compresores lubricados por aceite mineral y para evitarlos es recomendable instalar un sistema de enfriamiento para el aire entregado por el compresor. La presencia de monóxido de carbono puede ser detectado fácilmente mediante tubos indicadores (Draeger, Bendix, etc.) o por analizadores de acción continua con rayos infrarrojos. La presencia, incluso en niveles muy bajos de monóxido de carbono, es inaceptable y si la fuente de producción no puede ser eliminada debe utilizarse filtros catalíticos.

La presencia de pequeñas partículas sólidas debe ser removida por filtración y la eliminación de aceite y humedad mediante filtros adecuados. El procedimiento es obligatorio por razones de seguridad y salud.

El análisis de la muestra del gas tomada del cilindro, puede no mostrar la presencia de aceite debido a que el aceite se ha condensado en el interior del cilindro. Para evitar el error es necesario dejar pasar una gran cantidad de aire a través de un filtro previamente pesado y volverlo a pesar después de expuesto al paso de aire examinado. Un sistema de detección más simple, (pero que no entrega datos cuantitativos) consiste en la iluminación del flujo de aire por la luz ultravioleta (el aceite nebulizado tiene fluorescencia). Si el

suministro aéreo muestra contaminación por aceite o partículas, todo el sistema debe ser sometido a una limpieza profunda con detergentes de tipo alcalino, a continuación lavado con agua limpia y caliente y luego sometido a un cuidadoso secado con aire. Naturalmente, la fuente de contaminación debe ser eliminada. Es recomendable asegurar una captación limpia y usar un filtro simple para macropartículas a la entrada del aire al compresor.

Un reciente accidente producido en Estados Unidos por incendio en una cámara de descompresión, se debió al aceite nebulizado que había entregado junto con el aire el compresor. El aceite se depositó en el silenciador interior de la cámara y entró en combustión debido aparentemente al impacto del aire de presurización de la cámara. Un factor contribuyente de gran importancia en este caso fue la presencia de una elevada concentración de oxígeno en el interior de la cámara debido a una falla en la eliminación del gas por mala ventilación de la misma.

La calidad del aire debe ser analizada cuidadosa y rutinariamente después de la instalación de la cámara o después de introducir cualquier cambio en las líneas o en los compresores. Estos análisis deben ser efectuados de rutina cada 6 meses. El control del aceite y el monóxido de carbono deben efectuarse mensualmente.

Se señala a continuación los valores máximos establecidos para los componentes del aire en cámaras hiperbáricas:

- Oxígeno 20 a 22%
- CO<sub>2</sub> 1000 PPM (0,10%)
- CO 20 PPM (0,002%)
- Hidrocarburos gaseosos (metano, etano) 25 PPM (0,0025%)
- Solventes halogenados 0,2 PPM (0.00002%)
- Aceites y partículas 0,005 mg/litros
- Agua total 0,3 mg/litros
- Olor no desagradable ni extraño.

La ventilación de la cámara es necesaria para regular la temperatura y fundamentalmente para evitar la eventual acumulación de oxígeno y de CO<sub>2</sub> en su interior. Se han establecido al respecto los requerimientos de ventilación necesarios para todo tamaño de cámaras, pero la sobreventilación tiene

grandes ventajas, pues asegura la remoción de oxígeno y una temperatura confortable en el interior de la cámara. El uso de un sistema monitor de oxígeno es obligatorio si la cámara usa este gas en su operación y la expiración se hace libremente al ambiente interior. (circuito abierto)

Norma de ventilación de aire en cámara por persona:

1. Mantener CO <sub>2</sub> en menos 11mm Hg.	60 l/min.	120 l/min.
	2 SCFM	4 SCFM
Para mantener O <sub>2</sub> a menos de 23%	375 l/min	750 l/min
	12.5 SCFM	25 SCFM

Pese a que en las cámaras hiperbáricas en operación normal no existe en la práctica el peligro de hipoxia, el personal que la opera debe conocer las características clínicas del cuadro y su correcto tratamiento.

El sistema de administración de oxígeno dentro de la cámara incluye la existencia de máscaras respiratorias. Se considera recomendable la existencia de un sistema optativo de respiración de aire para ser utilizado en caso de incendio o de contaminación de la atmósfera de la cámara.

La cámara tiene ordinariamente un sólo sistema de respiración por máscara y éste se usa exclusivamente para administrar oxígeno a menos de 2 bares de presión. Los ocupantes de la cámara sometidos a presiones mayores deben respirar directamente el aire de la cámara, ventilada convenientemente. Debe recordarse que las máscaras de oxígeno no pueden ser usadas para respirar aire.

Ya se han señalado las ventajas que representa la existencia de un sistema de respiración de emergencia de aire en el interior de la cámara para ser utilizado en la eventualidad de contaminación de la atmósfera presurizada. Este sistema de emergencia puede ser implementado con un compresor de membrana, accionado por motores a explosión ubicados correctamente (lejos de la cámara) y que suministre el aire a los ocupantes de la cámara por medio de reguladores simples de buceo. Este sistema ofrece, también, una alternativa de manejo de los ocupantes de la cámara ante un eventual y prolongado corte de energía, que paralice la posibilidad de ventilación por el sistema habitual.

Las líneas de oxígeno (o para mezclas gaseosas que lo contengan a más de 40% y alta presión), no deben tener ángulos cortantes ni incluir valvulas de bolas, dado que éstas pueden introducir gas bruscamente dentro de las cañerías vacías y provocar por su impacto un calentamiento que a su vez puede desencadenar un incendio. Estas consideraciones deben ser aplicadas también al sistema de aire a presión a más de 70 bares (10000 PSI), por ello la presión del oxígeno de los cilindros debe ser reducida a menos de 35 bares inmediatamente a partir de ellos.

Las cañerías y griferías para el oxígeno a alta presión deben ser hechas de cobre, bronce o acero inoxidable y las uniones deben ser soldadas o unidas con soldadura de plata. Igual condición deben reunir las cañerías para oxígeno a baja presión. Recordemos que los materiales lubricantes compatibles con el uso de oxígeno son los compuestos de fluorcarbonato y disulfuro de molibdeno.

Para asegurar que no se produzca escape por los nipples debe usarse teflón y toda la línea de oxígeno debe estar absolutamente limpia antes de ser puesta en uso y el personal auxiliar de la cámara debe estar en condiciones de poder realizar un lavado profundo que elimine las grasas y materiales inflamables sin dejar residuos y luego proceder al secado cuidadoso seguido de inspección cuidadosa y protección de una posible recontaminación.

La primera etapa del procedimiento de limpieza, implica un aseo mecánico que elimine asperezas, óxidos, polvos y la totalidad de la grasa de los ductos. Los hidrocarburos deben ser extraídos mediante solventes no combustibles ni tóxicos. (Para estas operaciones se recomienda el uso de los detergentes acuosos o los solventes halogenados para hidrocarburos).

Después del lavado final el sistema debe ser secado con aire seco y caliente y revisado por inspección visual y controlada para detectar la presencia de partículas y aceite por luz ultravioleta.

Una vez limpia toda la red deben ser sellados los extremos abiertos y consignarse la fecha y el tipo de limpieza realizada.

Para remover los óxidos de la superficie de las cañerías puede usarse soluciones acuosas de ácido clorhídrico y nítrico seguidas de limpiezas con detergente y lavados con agua. Los elementos no metálicos del sistema deben ser secados y lavados adecuadamente antes de rearmar el circuito.

### **3) Incendios en cámaras hiperbáricas.**

La producción de un incendio dentro de una cámara hiperbárica puede ser catastrófico. Es conocido el aumento de capacidad de combustión de los

diferentes materiales combustibles en medios enriquecidos en oxígeno. El brusco aumento de presión que acompaña al aumento de temperatura, puede provocar la explosión del recipiente presurizado.

Los incendios y explosiones que se han descrito fueron el resultado de la combinación de una elevada concentración de oxígeno, la presencia de material combustible, la falta de un sistema contra incendio y la existencia de una fuente de chispas.

La prevención de incendio es fundamental y para ello debe evitarse la introducción en la cámara de materiales inflamables, la mantención de una concentración normal de oxígeno y evitar la existencia de potenciales fuentes de chispas. Junto a ello se debe incluir la existencia de un sistema seguro y probado contra incendio que permita su detección precoz y oportuna, la existencia de un sistema de respiración de aire alternativo y un escape expedito de la tripulación. De más está citar la importancia de una perfecta capacitación en este sentido del personal que opera la cámara.

Se ha señalado la necesidad de evitar la introducción de materiales combustibles dentro de la cámara. Muchos elementos que arden débilmente o no lo hacen en la atmósfera, lo hacen rápidamente en condiciones de presión ambiente elevada o de alta concentración de oxígeno. En lo posible la ropa y los materiales de camilla y asientos deben ser confeccionados con materiales "seguros" como teflón, fibra de vidrio o "Durette Gold", pero debe reconocerse que es difícil y caro encontrar materiales adecuados. En todo caso, deben evitarse los materiales sintéticos y preferir la ropa liviana de algodón.

Como regla general deben usarse siempre en las cámaras materiales no inflamables (pintura antífama, gomas de silicona, etc.) Especial cuidado hay que tener con los equipos médicos y sustancias farmacológicas volátiles introducidas en la cámara. Ellas, así como los materiales combustibles que deban introducirse por fuerza mayor, deben guardarse en cajas metálicas a prueba de incendio. Los líquidos volátiles e inflamables nunca deben ser llevados al interior de la cámara y los ocupantes deben ser despojados de todo tipo de materiales combustibles (encendedores, fósforos, cigarrillos, grasas, etc.) El alcohol debe ser reemplazado por un desinfectante acuoso.

Existen dos caminos para detectar el aumento de concentración del oxígeno y con ello, el riesgo de un incendio. Sabemos que la presión parcial del oxígeno aumenta en condiciones de alta presión y el aumento de su concentración o porcentajes puede ser incrementada por diferentes motivos. El riesgo de incendio por aumento del índice de combustión aumenta en esas condiciones pero ello no se produce de una manera simple. Aunque existe un cierto efecto retardante provocado por el nitrógeno, el riesgo de incendio de atmósferas aéreas a presiones elevadas se transforma en un problema muy serio, cuando se alcanzan presiones de cuatro o cinco bares. En esas condiciones el aumento de la concentración de oxígeno provoca un aumento del riesgo de incendio equivalente al aumento de la proporción de oxígeno sobre



los valores normales y es necesario que el equipo de operadores de la cámara comprenda lo señalado en toda su significación.

Podemos establecer entonces, algunos hechos importantes de considerar:

- 1.- La combustión no es posible cuando existe un porcentaje de oxígeno bajo 6% en mezclas de  $N-O_2$ . La combustión es posible pero reducida en porcentajes entre el 6 y 12%. Y en este rango la respiración normal es compatible.
- 2.- Cuando se usa aire para ventilar una cámara en que se ha introducido oxígeno por un sistema de circuito abierto, es difícil hacer bajar su porcentaje. Un valor establecido como aceptable es de 25%, pero él debe ser considerado como un límite y el ideal es que nunca se sobrepase el nivel de 23%.

Aunque la concentración de oxígeno puede ser controlado por la ventilación, es preferible utilizar sistemas que extraen el oxígeno expirado hacia el exterior de la cámara y del recinto en que ella está instalada. En todo caso y especialmente, cuando el nivel de oxígeno es controlado por ventilación, la utilización de un monitor es obligatorio.

Todos los miembros del equipo que trabaja en una cámara hiperbárica debe hacer un esfuerzo consciente y dirigido, destinado a prevenir la producción de un incendio, evitando las situaciones de riesgo.

Diversos incendios fatales que se han producido durante tratamientos hiperbáricos, han sido iniciados por chispas eléctricas, y algunas compañías de buceo no aceptan ningún tipo de energía eléctrica en sus cámaras, a excepción de los sistemas de comunicación. Sin embargo, la investigación y los procedimientos actuales de tratamiento, exigen instrumentos y otros sistemas eléctricos dentro de la cámara y ellos pueden ser utilizados con seguridad dentro de la cámara hiperbárica, tomando las precauciones correspondientes. Se entrega a continuación una lista de medidas recomendadas para evitar la producción de chispas eléctricas.

1. El aislamiento eléctrico con goma o vinilo debe ser reemplazado por teflón o aislantes minerales.
2. Todos los cables deben estar encerrados en ductos metálicos.
3. La luz debe estar ubicada en el exterior de la cámara y suficientemente ventilada para evitar el calentamiento del plexiglas.

4. Debe disponerse de un sistema auxiliar de luces de emergencia a batería recargable.
5. Todas las fuentes de poder deben estar colocadas fuera de la cámara y su conexión al interior debe ser con coplas magnéticas.
6. Si se debe introducir instrumentos eléctricos en el interior, ellos deben ser de muy bajo potencial eléctrico y estar absolutamente aislados.
7. Los equipos eléctricos que se usen dentro de la cámara deben ser sellados y aislados.

La producción de incendio a partir de una fuente de chispas en situación de presión elevada ha sido discutida pero no puede ser despreciada. Es recomendable tomar las precauciones correspondientes. Al mantener la humedad entre 50 a 60% se reduce la producción de chispas estáticas e igual cosa sucede evitando el uso de cañerías plásticas de alto flujo gaseoso, o usando líneas eficientes de descarga estática a tierra.

8. Como se ha señalado, algunos incendios accidentales dentro de las cámaras, han sido provocados por la combustión explosiva de materiales inflamables como aceite depositados en los filtros. Estos incendios explosivos son de difícil extinción y el escape es difícil o imposible. Sin embargo, se ha demostrado que habitualmente hay tiempo para combatir el fuego, extinguirlo o escapar y ello debe ser considerado y planificado. El mejor agente extinguidor, en estos casos, es el agua a presión, las sustancias químicas son muy tóxicas para usarlas dentro de la cámara. El uso de espuma, sólo trabaja bien en teoría y los gases inertes retardados acarrearán nuevos problemas operacionales. Una ducha de agua instalada en cada compartimiento y operable desde dentro y afuera es el ideal y debe ser controlada periódicamente a diferentes presiones. Ello puede ser reemplazado por el uso de extinguidores manuales de agua a presión. La descompresión hasta el nivel de superficie en forma rápida es un método de escape posible y pese a su elevado riesgo, debe ser incluido en la planificación de las acciones de urgencia a realizar ante un incendio. En caso que ello suceda y mientras se despresurice la cámara, los ocupantes deben utilizar el sistema de respiración de aire independiente y cerrar las llaves de oxígeno.

Siempre deben considerarse los riesgos derivados del uso de la electricidad dentro de la cámara hiperbárica por su potencialidad para provocar incendios o shock eléctrico a sus ocupantes.

Un correcto programa para evitar la producción de chispas, como ya lo hemos señalado, elimina también la posibilidad de provocar la última eventualidad señalada, accidente que podría producirse con alta frecuencia en las cámaras por el uso frecuente de electrodos, catéteres o sondas de examen conectadas a los pacientes.

Cuando se usen instrumentos que funcionen con corrientes de 50 a 60 HZ

deben utilizarse "transformadores de corrientes ultraaislados" antes que la corriente eléctrica pase a los pácientes o equipos.

## **Seguridad operacional en Cámaras Hiperbáricas**

Es fundamental la existencia de una supervisión estricta para que la operación de una cámara sea razonablemente segura.

En cada complejo hiperbárico debe estar disponible un manual simple y claro de su estructura y sistema de operación. Su contenido debe ser conocido, comprendido y puesto en práctica por el personal que trabaja en la cámara y que debe ser entrenado para actuar en las diversas emergencias.

Una vez más se señala la necesidad de disponer de esquemas simples que muestren la disposición estructural del complejo y su flujo operacional. También es necesario que se señalen en forma visible los procedimientos de rutina y de emergencia ante diversas situaciones críticas derivadas de las posibles fallas que puedan suscitarse. Al respecto, debe prepararse mentalmente al equipo humano para que, manteniendo la calma ante la emergencia ponga en práctica rápidamente los procedimientos más razonables y adecuados y que se evite, por sobre todo, la aparición de pánico.

El supervisor debe programar y controlar toda reparación o procedimiento rutinario de mantención y anotarlo en la bitácora de vida del equipo.

Los procedimientos terapéuticos de descompresión y compresión a utilizar, deben ser conocidos por el personal y señalados en un esquema simple que considere las situaciones más frecuentes.

Las tablas de tratamiento para atender las diferentes situaciones clínicas deben estar siempre disponibles para ser consultadas por el operador.

Es recomendable confeccionar una lista de personal (ayudantes y médicos) de llamada y turno, para responsabilizarse de cubrir la atención de los pácientes y la operación de la cámara. Como procedimiento similar a la puesta en marcha de un avión, debe el personal proceder, antes de poner en funcionamiento el sistema, a la comprobación ordenada del funcionamiento de todos los factores implicados en la operación de la cámara.

Quizás el aspecto fundamental a considerar en la seguridad de la operación de la cámara es la calificación del personal que atiende su operación, mantención y reparación. El equipo debe estar altamente entrenado, actuar responsablemente, con perfecto conocimiento general y particular acerca del funcionamiento del sistema y mantener en todo momento una actitud profesional. Los pácientes y el personal deben protegerse de accidentes mecánicos provocados por caídas, golpes y cortes contra superficies y otros objetos prominentes (techo de la cámara, escotillas, camillas y perchas).

Si accidentalmente la cámara fuese contaminada por humo o aire contaminado por mal funcionamiento del compresor, todos sus ocupantes deben de inmediato dejar de respirar por los circuitos de oxígeno, el operador debe proceder a cerrarlos y utilizar los equipos respiratorios auxiliares del aire. De acuerdo a la magnitud del accidente, la cámara deberá ser descomprimida de urgencia de acuerdo a los procedimientos establecidos para estas emergencias.

## CONCLUSION

La instalación, operación e implementación de efectivos sistemas operación segura de un complejo hiperbárico, son altamente complejos y de elevado costo. La economía mal entendida en el diseño, la participación de personal no entrenado suficientemente, el uso de materiales fuera de norma, conducen inevitablemente a la producción de desastres. Por ello, por motivo alguno debe aceptarse la economía desinformada en la construcción, instalación, operación y mantenimiento de los equipos hiperbáricos.

TABLA II.

TABLA DE DESCOMPRESION NORMAL CON AIRE

Profundidad en Mts.	Tiempo en el fondo (Min.)	Tiempo hasta la 1ª Parada	Paradas de Descompresión					Tiempo Total del Ascenso	Grupos de Inmersión sucesiva
			15	12	9	6	3		
12	200						0	1	
	210	1					2	4	N
	230	1					7	9	N
	250	1					11	13	O
	250	1					15	17	O
	300	1					19	21	Z
15	100	1					0	1	
	110	1					3	5	L
	120	1					5	7	M
	140	1					10	12	M
	160	1					21	23	N
	180	1					29	31	O
	200	1					35	37	O
	220	1					40	42	Z
	240	1					47	49	Z
18	60	1					0	1	
	70	1					2	4	K
	80	1					7	9	L
	100	1					14	16	M
	120	1					26	28	N
	140	1					39	41	O
	160	1					48	50	Z
	180	1					56	58	Z
	200	1					69	73	Z
21	50	1						0	
	60	1					8	10	K
	70	1					14	16	L
	80	1					18	20	M
	90	1					23	25	N
	100	1					33	35	N
	110	1				2	41	46	O
	120	1				4	47	54	O
	130	1				6	52	61	O
	140	1				8	56	67	Z
	150	1				9	61	73	Z
	160	1				13	72	88	Z
	170	1				19	79	101	Z
24	40						0	2	
	50	2					10	12	K
	60	2					17	19	L
	70	2					23	25	M
	80	1				2	31	36	N
	90	1				7	39	49	N
	100	1				11	46	60	O
	110	1				13	53	69	O
	120	1				17	56	76	Z
	130	1				19	63	85	Z
	140	1				26	69	98	Z
	150	1				32	77	112	Z

TABLA II.

TABLA DE DESCOMPRESION NORMAL CON AIRE

Profundidad en Mts.	Tiempo en el fondo (Min.)	Tiempo hasta la 1ª Parada	Paradas de Descompresión					Tiempo Total del Ascenso	Grupos de Inmersión sucesiva		
			15	12	9	6	3				
27	30						0	2			
	40	2					7	10	J		
	50	2					18	21	L		
	60	2					25	28	M		
	70	2				7	30	41	M		
	80	2				13	40	57	N		
	90	2				18	48	70	O		
	100	2				21	54	79	Z		
	110	2				24	61	89	Z		
	120	2				32	68	104	Z		
130	1			5	36	74	119	Z			
30	25						0	1			
	30	2					3	8	I		
	40	2					15	18	K		
	50	2				2	24	30	L		
	60	2				9	28	41	N		
	70	2				17	39	60	O		
	80	2				23	48	75	O		
	90	2			3	23	57	88	Z		
	100	2			7	23	66	101	Z		
	110	2			10	34	72	121	Z		
120	2			12	41	78	136	Z			
33	20						0	2			
	25	2					3	6	H		
	30	2					7	10	J		
	40	2				2	21	27	L		
	50	2				8	26	36	M		
	60	2				18	36	58	N		
	70	2				1	23	48	O		
	80	2				7	23	57	Z		
	90	2				12	30	64	Z		
	100	2				18	37	73	Z		
36	15	2					0	2			
	20	2					2	5	H		
	25	2					8	9	I		
	30	2					14	17	J		
	40	2				5	25	34	L		
	50	2				15	31	50	N		
	60	2				2	22	45	O		
	70	2				9	23	55	O		
	80	2				15	27	63	Z		
	90	2				19	37	74	Z		
100	2				23	45	80	Z			
39	10						0	3			
	15	2					1	4	F		
	20	2					4	7	H		
	25	2					10	13	J		
	30	2				3	18	25	M		
	40	2				10	25	39	N		
	50	2				3	21	37	O		
	60	2				9	23	52	Z		
	70	2				16	24	61	Z		
	80	2				3	19	35	72	Z	
90	2				8	19	45	80	Z		
42	10						0	3			
	15	3					2	6	G		
	20	3					6	10	I		
	25	2					2	14	J		
	30	2					5	21	K		
	40	2				2	16	26	49	N	
	50	2				6	24	44	79	O	
	60	2				16	23	56	100	Z	
	70	2				4	19	32	68	129	Z
	80	2				10	23	41	79	159	Z

**TABLA II.**  
**TABLA DE DESCOMPRESION NORMAL CON AIRE**

Profundidad en Mts.	Tiempo en el fondo (Min.)	Tiempo hasta la 1ª Parada	Paradas de Descompresión					Tiempo Total del Ascenso	Grupos de Inmersión sucesiva
			15	12	9	6	3		
45	5						0	3	C
	10	3					1	5	E
	15	3					3	7	G
	20	3				2	7	14	H
	25	3				4	17	26	K
	30	3				8	24	37	L
	40	2			5	19	33	62	N
	50	2			12	23	51	91	O
	60	2		3	19	26	62	116	Z
70	2		11	19	39	75	150	Z	
80	2	1	17	19	50	84	178	Z	
48	5						0	3	D
	10	3					1	5	F
	15	3				1	4	10	H
	20	3				3	11	19	J
	25	3				7	20	32	K
	30	3			2	11	25	44	M
	40	3			7	23	39	75	N
	50	2		2	16	23	55	102	Z
60	2		9	19	33	69	136	Z	
70	2	1	17	22	44	80	171	Z	
51	5						0	3	D
	10	3					2	6	F
	15	3				2	5	12	H
	20	3				4	15	24	J
	25	3			2	7	23	38	L
	30	3			4	13	26	49	M
	40	3		1	10	23	45	86	O
	50	3		5	18	23	61	114	Z
60	2	2	15	22	37	74	157	Z	
70	2	8	17	19	51	86	188	Z	
54	5						0	3	D
	10	3					3	7	F
	15	3				3	6	14	I
	20	3			1	5	17	29	K
	25	3			3	10	24	43	L
	30	3			6	17	27	56	N
	40	3		3	14	23	50	97	O
	50	3	2	9	19	30	65	133	Z
60	3	5	16	19	44	81	173	Z	
57	5						0	4	D
	10	3				1	3	9	G
	15	3				4	7	16	I
	20	3			2	6	20	34	K
	25	3			5	11	25	47	M
	30	3		1	8	19	32	67	N
	40	3		8	14	23	55	107	O
	50	3	4	13	22	33	72	152	Z
60	3	10	17	19	50	84	188	Z	

TABLA IV. TABLA DE GRUPOS DE INMERSION SUCESIVA AL FINAL DEL INTERVALO O EN SUPERFICIE

12:00 0:10	12:00 2:11	12:00 2:50	12:00 5:40	12:00 6:33	12:00 7:06	12:00 7:36	12:00 8:00	12:00 8:22	12:00 8:41	12:00 8:59	12:00 9:13	12:00 9:29	12:00 9:44	12:00 9:55	12:00 10:06	A
A	2:10 0:10	2:49 1:40	5:48 2:39	6:32 3:23	7:05 3:56	7:35 4:26	7:59 4:50	8:21 5:13	8:40 5:41	8:58 5:49	9:12 6:03	9:28 6:19	9:43 6:33	9:54 6:45	10:05 6:57	B
	B	1:39 0:10	2:30 1:10	3:22 1:58	3:57 2:28	4:25 2:59	4:49 3:21	5:12 3:44	5:40 4:03	5:48 4:20	6:02 4:36	6:18 4:50	6:32 5:04	6:44 5:17	6:56 5:28	C
		C	1:09 0:10	1:57 0:55	2:28 1:30	2:58 2:00	3:20 2:24	3:43 2:45	4:02 3:05	4:19 3:22	4:35 3:37	4:49 3:53	5:03 4:05	5:16 4:18	5:27 4:30	D
			D	0:54 0:10	1:29 0:46	1:59 1:16	2:23 1:42	2:44 2:03	3:04 2:21	3:21 2:39	3:36 2:54	3:52 3:09	4:04 3:23	4:17 3:34	4:29 3:46	E
				E	0:45 0:10	1:15 0:41	1:41 1:07	2:03 1:30	2:20 1:48	2:38 2:04	2:53 2:20	3:08 2:35	3:22 2:48	3:33 3:00	3:45 3:11	F
					F	0:40 0:10	1:06 0:37	1:29 1:00	1:47 1:20	2:03 1:36	2:19 1:50	2:34 2:06	2:47 2:19	2:59 2:30	3:10 2:43	G
						G	0:36 0:10	0:59 0:34	1:19 0:55	1:35 1:12	1:49 1:26	2:05 1:40	2:18 1:54	2:29 2:05	2:42 2:18	H
							H	0:33 0:10	0:54 0:32	1:11 0:50	1:25 1:05	1:39 1:19	1:53 1:31	2:04 1:44	2:17 1:56	I
								I	0:31 0:10	0:49 0:29	1:04 0:46	1:18 1:00	1:30 1:12	1:43 1:25	1:55 1:37	J
									J	0:28 0:10	0:45 0:27	0:59 0:43	1:11 0:55	1:24 1:00	1:36 1:19	K
										K	0:26 0:10	0:42 0:26	0:54 0:40	1:07 0:52	1:18 1:03	L
											L	0:25 0:10	0:39 0:25	0:51 0:37	1:02 0:49	M
												M	0:24 0:10	0:36 0:24	0:40 0:35	N
													N	0:23 0:10	0:34 0:23	O
														O	0:22 0:10	Z
																Z

52

GRUPOS DE INMERSION SUCESIVA AL COMIENZO DEL INTERVALO EN SUPERFICIE (DESPUES DE INMERSION PREVIA)

GRUPOS DE INMERSION SUCESIVA AL FINAL DEL INTERVALO EN SUPERFICIE

Anexo N° I



## INSTRUCCIONES PARA SU USO

El intervalo de tiempo en superficie en la Tabla es en horas y minutos (7:59 significa 7 horas y 59 minutos). El intervalo de tiempo en superficie debe ser al menos de 10 minutos.

Buscar la letra del grupo de inmersión sucesiva (correspondiente a la inmersión previa) en la columna diagonal. Entrar en la Tabla a partir de esta letra, verticalmente hacia arriba, hasta encontrar un intervalo de tiempo en superficie que comprenda exactamente al intervalo de tiempo real transcurrido en superficie entre las dos inmersiones desde este recuadro, seguir horizontalmente hacia la derecha, hasta encontrar una letra en la columna vertical situada en la derecha de la Tabla, dicha letra corresponde al grupo de inmersión sucesiva a final del intervalo en superficie. Por ejemplo: Se efectuó una inmersión previa a 23 metros durante 30 minutos, el buzo permanece en superficie 1 hora y 30 minutos y desea encontrar el grupo de inmersión sucesiva al final del intervalo en superficie mencionado de 1 hora y 30 minutos, el grupo de inmersión sucesiva de la inmersión previa, al comienzo del intervalo en superficie es 7, y ha sido hallado en la columna grupos de inmersión sucesiva de la tabulación 33/30. en la Tabla II de Descompresión Normal con Aire, entrar en esta Tabla IV en la columna diagonal con la letra J: ascender verticalmente hasta encontrar un recuadro con un intervalo de tiempo que comprenda el intervalo de 1 hora y 30 minutos que es el tiempo pasado en superficie por el buzo, el recuadro que contiene tabulados los tiempos 1:20 y 1:47 comprende exactamente el intervalo en superficie de 1 hora y 30 minutos, seguir desde este recuadro horizontalmente hacia la derecha, y se encontrará la letra G, ello indica que el intervalo de tiempo en superficie de 1 hora y 30 minutos ha permitido al buzo perder suficiente gas inerte como para colocarlo en el grupo G al final del intervalo en superficie, es decir, cuando el buzo debe volver al agua para realizar la inmersión sucesiva.

Nota: Las inmersiones efectuadas después de un intervalo en superficie de más de 12 horas no se consideran inmersiones sucesivas, para estas inmersiones se emplearía el tiempo real en el fondo al calcular la descompresión con la Tabla II de Descompresión Normal con Aire.

## ANEXO N° I

TABLA V. TABLA DE TIEMPOS DE NITROGENO RESIDUAL

GRUPOS INMERSION SUCESIVA	PROFUNDIDAD DE LA INMERSION SUCESIVA EN METROS															
	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57
A	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
B	17	13	11	9	8	7	7	6	6	6	5	5	4	4	4	4
C	25	21	17	15	13	11	10	10	9	8	7	7	6	6	6	6
D	37	29	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	9	8	8	8
E	49	38	30	26	23	20	18	16	15	13	12	12	11	10	10	10
F	61	47	36	31	28	24	22	20	16	16	15	14	13	13	12	11
G	73	56	44	37	32	29	26	24	21	19	18	17	16	15	14	13
H	87	66	52	43	38	33	30	27	25	22	20	19	18	17	16	15
I	101	76	61	50	43	38	34	31	28	25	23	22	20	19	18	17
J	116	87	70	57	48	43	38	34	32	28	26	24	23	22	20	19
K	138	99	79	64	54	47	43	38	35	31	29	27	26	24	22	21
L	161	111	88	72	61	53	48	42	39	35	32	30	28	26	25	24
M	187	124	97	80	68	58	52	47	43	38	35	32	31	29	27	26
N	213	142	107	87	73	64	57	51	46	40	38	35	33	31	29	28
O	241	160	117	96	80	70	62	55	50	44	40	38	36	34	31	30
Z	257	169	122	100	84	73	64	57	52	46	42	40	37	35	32	31

### Instrucciones para su uso

Cada tiempo incluido en esta tabla es llamado "Tiempo de Nitrógeno Residual" y es igual al que un buzo debe considerar que ya ha permanecido en el fondo cuando comienza una inmersión sucesiva a una profundidad específica. Estos tiempos están expresados en minutos.

Entrar en la tabla horizontalmente con el grupo de inmersión sucesiva al final del intervalo en superficie calculado en la Tabla IV, el tiempo en cada columna vertical es el número de minutos necesarios para saturar a cada grupo a la profundidad que encabeza la columna.

Por ejemplo: el grupo de inmersión sucesiva calculado en la Tabla IV es "H", para planear una inmersión a 33 metros determinar el "Tiempo de Nitrógeno Residual" para esa profundidad y requerido por el grupo de inmersión sucesiva calculado: entrar en esta tabla a lo largo de la línea horizontal marcada "H" la tabla indica que se debe comenzar la inmersión a 33 metros como si ya hubiese estado en el fondo 27 minutos. Esta información puede aplicarse a la Tabla II de Descompresión Normal con Aire en varias formas:

- (1) Suponiendo que un buzo va a permanecer en el fondo hasta finalizar su trabajo, deberá añadir 27 minutos a su tiempo real en el fondo y seguir la descompresión correspondiente a 33 metros y la suma de dichos dos números.
- (2) Suponiendo que desee hacer una rápida inmersión de reconocimiento con un mínimo de descompresión, habrá que descomprimirlo de acuerdo con la tabulación 33/30 para una inmersión de 3 minutos o menos ( $27 \times 3 = 30$ ). Para una inmersión mayor de 3 minutos pero menor de 13, habrá que descomprimirlo de acuerdo con la tabulación 33/40 ( $27 + 13 = 40$ )
- (3) Suponiendo que no desee exceder la tabulación 33/50 deberá iniciar el ascenso antes de 23 minutos de tiempo real en el fondo ( $50 - 27 = 23$ ).
- (4) Suponiendo que un buceador tenga aire aproximadamente para 45 minutos de tiempo en el fondo y las correspondientes paradas de descompresión, deberá calcular la inmersión como sigue: una inmersión de 13 minutos requerir: 23 minutos de descompresión (tabulación 33/40), para un tiempo total de inmersión de 36 minutos, una inmersión de 13 a 23 minutos requerirá 34 minutos de descompresión (tabulación 33/50) para un tiempo total de inmersión de 47 a 57 minutos, por eso el buceador deberá iniciar el ascenso antes de 13 minutos o deberá proveerse de un suministro de aire de emergencia.

Excepción: Cuando la inmersión sucesiva sea a la misma o mayor profundidad que la inmersión anterior y el tiempo de nitrógeno residual sea mayor que el tiempo en el fondo de la inmersión anterior, sumar este al tiempo en el fondo de la inmersión sucesiva, en vez del tiempo obtenido en esta tabla.



**MINISTERIO DE SALUD**  
**PROGRAMA DE MEDICINA DEL TRABAJO**  
**ATENCIÓN DEL ACCIDENTE POR DESCOMPRESIÓN INADECUADA**  
**FICHA DE TRATAMIENTO FARMACOLÓGICO**

ESTE CUADRO ES PROVOCADO POR FALLAS TÉCNICAS EN EL ASCENSO DEL BUCEADOR A LA SUPERFICIE, DESPUÉS DE UN BUCEO PROLONGADO Y PROFUNDO CON EQUIPOS DE RESPIRACIÓN SUBMARINA, SE DEBE A LA LIBERACIÓN DE BURBUJAS DE NITRÓGENO EN LOS TEJIDOS SOBRESATURADOS. SE PRESENTA HABITUALMENTE DENTRO DE LAS 6 HORAS DESPUÉS DE FINALIZADO EL BUCEO. PRESENTA MARCADO POLIMORFISMO CLÍNICO Y SU TRATAMIENTO ESPECÍFICO ES DE URGENCIA.

FECHA					

REGION LUGAR					

Nº FICHA					

**A. INDIVIDUALIZACIÓN**

1 APELLIDO PATERNO 1			2 APELLIDO MATERNO 2			3 NOMBRE 3			4 EDAD		5 SEXO		6 PREVISION	
													SI	No

7 DOMICILIO				8 Buceador				9 Matrícula			10 Capacitación		11 Ex. Médico de aptitud		12 Fecha	
				P	M	Dep.	Otros	No			SI	NO	SI	NO		
				S				Lugar								

**B. ANTECEDENTES DEL MAL DE PRESIÓN**

13 ¿Ha presentado anteriormente Mal de Presión?		14 Cutaneos		15 Fecha			16 Tratamiento Recibido				17 Secuelas		
SI		Osteoarticular?					No	Caseros	Recompresión en el mar	Hosp.	Cámara	SI	No
NO		Neurológico?											

**C. CIRCUNSTANCIAS DEL ACCIDENTE ACTUAL**

18 Lugar del Accidente			19 Profundidad Máxima de Buceo (Mts.)			20 Estado del mar			21 Corriente		22 Temperatura			Motivo del Buceo	
						B	R	M	SI	No	Fria	Norm	Temp		23

24 Equipo respirac. Sub. utilizado		Aire		Revisión		25 Traje de Buceo (Neopreno)				26. Esfuerzo Físico Realizado			27 Descanso hrs. previas		28 Ingesta Previa 24 hrs. Alcohol	
		Hookan		SI	Año	Simple	Grosor		Estado	Mediano	Ligero	Fuerte			SI	No
		Otro				Doble			B R M							

**D.- CRONOLOGIA DEL BUCEO EFECTUADO**

Buceo Nº	Hora de Inmersión	Hora de Salida	Duración del Buceo en min	Intervalo de Descenso en Supervicie	Descompresión		P A R A D A S				
					SI	NO	12 Mts.	9 Mts.	6 Mts.	3 Mts.	
29 a 1											
b 2											
c 3											
d 4											

**E.- CRONOLOGIA DE LA SINTOMATOLOGIA Y PRECISION DE LA ATENCION PRIMARIA RECIBIDA**

30 Hora Aparición de las Molestias	31 Tº Transcurrido del Término del Buceo	32 Recompresión en el mar				33 Hora primera Consulta Médica	34 Hora Última Consulta Médica			
	Horas    Minutos	SI	Prof	Max	Tº	Tº Total (Min.)	Mejoría	SI		
		No						No		

**F.- CUADRO CLINICO**

**F1.- SINTOMATOLOGIA INICIAL**

36 Tipo 1 (Formas Leves)				37 Tipo (Formas Graves)			
Forma Cutánea		Forma Osteoarticular (dolor)		Forma Broncopulmonar (Disnea - Espasmo bronquial)			
		Monoarticular					
		Poliarticular		Forma Neurológica (Embolia de Aire y/o Nitrógeno)			

35 Tº Total Transcurrido

**F2.- EXAMEN FISICO F2.1.- GENERAL**

38 Pulso/Min	39 Pr. Arterial (mm Hg)	40 Resp x Min	41 Temp CO	42 Somatotipo	43 Tej. Adiposo	44 Estatura	45 Peso (kgs.)
				Ect. Ms. End.	N	cms.	
46 Piel	47 Marcha	48 Conciencia	49 Anotaciones Especiales				
		Memoria					
		Orientación					

**F2.2.- SEGMENTARIO**

50 Cabeza	51 Cuello	52 Tórax	53 Abdomen	54 Extremidades	55 Vómitos
Cráneo		Corazón		Superiores D Iz	Micción
Cara		Pulmón		Inferiores D Iz	Defecación

56 Anotaciones Especiales

## F2.3. EXAMEN NEUROLOGICO BASICO

57 Lenguaje	58 Audición	59 Tono, Fuerza y Temblor Musc.	60 Coordinación Movimientos Finos (Meno y Lengua)	61 Sensibilidad	Superficial	62 Nivel Alteración				
					Profunda					
63 Reflejos	a) Pupilar	b) Bicipital	c) abdominal	d) Cremas teriano	e) Rotulano	f) Aquillano	g) Babinski	64 Compromiso Motor	65 Nivel Alteración	
								a) Ext. Sup.	D	Iz.
								b) Ext. Inf.	D	Iz.
66 Esterognosie	67 Signos Meningeos	68 Paresia Vesical	69 Otras Alteraciones:							

## G. SINTESIS PRINCIPALES LESIONES DETECTADAS

70

## H. DIAGNOSTICO

71 Síndrome por Mala Descompresión TIPO 1

a) Forma Cutánea

b) Forma Osteoarticular

72 Síndrome por Mala Descompresión TIPO 2

a) Forma Broncopulmonar

b) Forma Neurológica

73 Cuadros Mixtos:

I.- ARSENAL TERAPEUTICO

74. Hospitalización

75. Servicio

76. Fecha \_\_\_\_\_

77. Hora \_\_\_\_\_

78. Oxígeno   
 3 a 5 lts x min | Sonda   
 40' O<sub>2</sub> - 10' aire | Máscara   
 | Tienda

79. Expansor plasma   
 Dextran \_\_\_\_\_ cc

80. Hidratación parenteral  
 Suero \_\_\_\_\_  
 lts./día \_\_\_\_\_

81. Trat. Anticoagulante   
 Heparina 5,000 a 10,000  
 seguir c/5000 u c/6 hrs.  
 hasta completar 25,000 u.  
 en 24 hrs.

82. Sedante   
 Clorpromazina   
 25 mgx3 a 4v/día

83. Antiagregante  
 plaquetario   
 Aspirina 010x3v.

84. Analgésico  
 Suposit.  iny.

85. Corticoides   
 (Beta o metab)  
 1 a 2 amp c/6 a 8 hrs.

86. Enfermería  
 a) Calor local   
 b) Inmovilización   
 c) Enema evacuante   
 d) Sondaje vesical

87. Vasodilatador  
 Hydergina (iny)   
 1 a 2 amp c/8 hrs.

88. Farmacos Varios  
 a) Antiácidos   
 b) Broncodilatador   
 c) Diurético   
 d) Cardiotónico   
 e) Antiedémico

89. Interconsulta

90. Traslado  
 a) Terrestre   
 b) Aéreo

ESQUEMAS TERAPEUTICOS RECOMENDADOS

TIPO	VARIEDAD	INDICACION																	
		74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	
I	a) Cutáneo	○	○	○	○	○	—	—	—	×	○	—	×		—		×	—	
	b) Osteoarticular	○	○	○	○	○	×	×		×	○	○					×	—	
DUDOSO	a) Broncopulmonar	○	○	○	○	○				×	○	—	○				×	×	
	b) Neurológico	○	○	○	○	○			—	×	○	—	○		—		×	×	
II	a) Broncopulmonar	○	○	○	○	○				×	○	—	○		—		×	×	
	b) Neurológico modular encefálico	○	○	○	○	○			—	×	○	—	○		—		×	×	

○ INDICADO

— NO INDICADO

|| INDICADO DE ACUERDO AL CASO

× OPCIONAL

Individualización del médico tratante

FIRMA

## ANEXO Nº II

TABLAS DE TRATAMIENTO EN CAMARA (AIRE/OX)								
Presión Mts. agua	Pies de agua	Síntomas leves T.I				?	Síntomas Graves T. II	
		1. Cutáneos: prurito, edema dolor, eritema piel marmórea 2. Dolor osteo/músculo/articular				CUADROS MIXTOS →  o  DUDOSOS ←	1. Neurológicos - encéfalo - médula - otros 2. Broncopulmonares 3. Sobresión pulmonar	
		CUADRO CLINICO ALIVIA					CUADRO CLINICO ALIVIA	
		A menos de 20 mts.		A más de 20 mts.			en 30' a 50 mts. No	
		¿Ox?		Si no mejora en 30' dudar del diagnóstico ¿Ox?			¿Ox?	
		No	Si	No	Si		No	Si
		↓	↓	T2A	T2		T3A	T3
				30	30			
				12	12			
		T1A	T1	12	12			
50	165			12	12		30	30 a 120
42	140			12	12	12	30	
36	120			12	12	12	30	
30	100	30	30	12	12	12	30	
24	80	12	12	12	12	12	30	
18	60	30	30	30	60ox	30	30ox. 6hrs. aire	
15	50	30	30	30	30ox	30	30ox 6 hrs. aire	
12	40	30	30	30	30ox	30	30ox. 6 hrs. aire	
9	30	60	↑ 5'	120	30ox	12 hrs. aire		
6	20	60	de	120	5'	2 hrs. aire		
3	9	120	Ox	240	Ox	2 hrs. aire		
Superficie	0	1min.	↓	1min.	↓	1 min. aire 1 Ox		
Tiempo Total en minutos		379'	160'	658'	254'	1140	2202 2292	2145 2235
Velocidad presurización		25 pies = 8 metros x min.				lo más rápido posible		
Velocidad despresurización		1 minuto entre paradas						



## ANEXO N° II

PRESION		TABLAS DE TRATAMIENTO AIRE/OX			
Mts. Agua	Pies Agua	Tabla	Tabla	Tabla	Tabla
		Indicación Tipo I que alivia en 10 min. a 60 pies	Indicación Tipo I que no alivia en 10 min. a 60 pies	Indicación Tipo II ó Tipo I que no alivia en 10 min. a 60 pies	Indicación Tipo II y aero-embolismo
					<b>Tabla 6A</b>
60	165				30'
	↓				<b>Tabla 5</b>
18	60	<b>Tabla 5A</b>	20ox5A20ox	20ox5A20ox	————→
18	60	20ox5A20ox	5A20ox5A	5A20ox5A	————→
	↓	30ox	————→	30ox	————→
9	30	5A	————→	15A	————→
9	30	20ox	————→	60A	————→
9	30	5A	————→	15A	————→
9	30	30ox	————→	60ox	————→
	↓	↓	↓	30ox	————→
	0	Superficie	————→	————→	————→
<b>Tiempo total</b>		2hrs.15 min.		4hrs.45min.	5hrs.19min.
<b>Velocidad de presurización 25pr' = 8 mts x min.</b>					<b>RAPIDA!</b>
<b>Velocidad de despresurización: 1 pie = 0,33 mts. x minuto</b>					
				Puede extenderse a 60 pies: 20ox 5A	————→
				a 30 pies: 15A 60ox	————→

**Tabla 1 (Aire)**

Profundidad: Presión		Tiempo	Gas respirado	Tiempo total Transcurrido
Pies	Mts.			
100	30	30'	Aire	30
80	24	12	Aire	43
60	18	30	Aire	74
50	15	30	Aire	105
40	12	30	Aire	136
30	9	60	Aire	197
20	6	60	Aire	258
10	3	120	Aire	379
0	0	1	Aire	380

**Indicación: Tipo I**

Cuadro cutáneo o osteo-articular que alivia a menos de 66 pies 20 metros.

**Velocidad de Presurización** 25 pies x min. 8 mts. x min.

**Velocidad de Despresurización** 1 min. entre paradas

Tiempo a 100 pies incluye tiempo de presurización.

Ventilación por persona: Reposo 2 scfm. Activo 4 scfm.

**Tabla 2A**

Profundidad: Presión		Tiempo	Gas respirado	Tiempo total Transcurrido
Pies	Mts.			
165	50	30	Aire	30
140	± 42,5	12	Aire	43
120	± 36,3	12	Aire	56
100	± 30,3	12	Aire	69
80	± 24,3	12	Aire	82
60	18	30	Aire	113
30	15	30	Aire	144
40	12	30	Aire	175
30	9	120	Aire	296
20	6	120	Aire	417
10	3	240	Aire	658
0	Superficie	1	Aire	659

**Indicación: TIPO I**

Cuadro osteoarticular cuyas molestias se alivian a más de 66 pies 20 metros.

**Velocidad de Presurización**  
**Velocidad de Despresurización**

25 pies x min. 8 mts. x min.  
 1 min. entre paradas

Tiempo a 165 pies incluye tiempo de presurización

**Ventilación x persona: Reposo 2 scfm. Activo 4 scfm.**

**Tabla 3**

Profundidad: Presión		Tiempo	Gas respirado	Tiempo total Transcurrido
Pies	Mts.			
165	50	30 min.	Aire	0:30
140	± 42,5	12 min.	Aire	0:45
120	± 36,3	12 min.	Aire	0:56
100	± 30,3	12 min.	Aire	1:09
80	± 24,3	12 min.	Aire	1:22
60	18	30 min.	Aire o O <sub>2</sub>	1:53
50	15	30 min.	Aire o O <sub>2</sub>	2:24
40	12	30 min.	Aire o O <sub>2</sub>	2:55
30	9	12 hrs.	Aire	14:56
20	6	2 hrs.	Aire	16:57
10	3	2 hrs.	Aire	18:58
0	Superficie	1 min.	Aire	18:59

**Indicación: TIPO II**

Usar si no se dispone de Oxígeno y la sintomatología clínica alivia dentro de 30 min. a 165 pies.

**Velocidad de Presurización**  
**Velocidad de Despresurización**

25 pies x min. 8 mts. x min.  
 1 min. entre paradas

Tiempo a 165 incluye tiempo de presurización

**Ventilación x persona: Reposo 2 scfm. Activo 4 scfm.**  
**Al utilizar O<sub>2</sub>: Reposo 12,5 scfm. Activo 25 scfm.**  
 (1 scfm = 30 l/min.)

**Tabla 4**

Profundidad: Presión		Tiempo	Gas respirado	Tiempo total Transcurrido
Pies	Mts.			
165	50	30 a 90 min.	Aire	1:30
140	42,5	30 min.	Aire	2:01
120	36,3	30 min.	Aire	2:32
100	30,3	30 min.	Aire	3:03
80	24,3	30 min.	Aire	3:34
60	18	6 horas	Aire	9:35
50	15	6 horas	Aire	15:36
40	12	6 horas	Aire	21:37
30	9	11 horas	Aire	32:38
30	9	1 hora	Aire o O <sub>2</sub>	33:38
20	6	1 horas	Aire	34:39
20	6	1 hora	Aire o O <sub>2</sub>	35:39
10	3	1 hora	Aire	36:40
10	3	1 hora	Aire o O <sub>2</sub>	37:40
0	Superficie	1 min.	Oxígeno	37:41

**Indicación: TIPO II y aeroembolia**

Usar si no se dispone de Oxígeno y la sintomatología clínica NO alivia a los 30 min. a 165 pies.

**Velocidad de Presurización**

25 pies x min. 8 mts. x min.  
a lo más rápido posible

**Velocidad de Despresurización**

1 min. entre paradas

Tiempo a 165 pies incluye tiempo de presurización

**Ventilación x persona: Reposo 2 scfm. Activo 4 scfm.**

**Al usar O<sub>2</sub>: Reposo 12,5 scfm. Activo 25 scfm.**

**(1 scfm = 30 l/min.)**

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. **ACKLER, K.** Blood Buubble Interaction in Decompression Sickness Proceedings of the International Symposium. Toronto. Dec. 1973. Canadá.
2. **ALBANO, G** Principios y observaciones en la fisiología del Buceador. Depto. de Investigaciones Navales U.S. Navy Arlington V.A. 1970, U.S.A.
3. **BARNARD E.E.P y COLS.** Estudio de la eliminación del Nitrógeno Proceedings First Meeting of the European Biomedical Soc. Estocolmo 1973.
4. **BENNETT Y ELLIOTT** Fisiología y Medicina del Buceo. 2ª Edición 1975. The Willians y Wilkin Co. Baltimore.
5. **BIAGGI M.C.** De la microburbuja a la burbuja en la enfermedad de descompresión. Confederación Mundial de actividades Subacuáticas, 3º Simposio Internacional de Medicina del Buceo. Martinica, Mayo de 1975.
6. **BROUSSOLLE BYCOLS** Plaquetas en accidentes de descompresión experimentales en ratas. Proceedings First Meeting of tahe European Biomedical Soc. Estocolmo 1973.
7. **BROWN CH. V.** Drugs and Diving. Navy News - Marzo 1976, U.S.A.
8. **CASTILLO R.** Trastornos de las plaquetas. Medicina. Junio 1981.
9. **CEA E. ALFREDO** La Enfermedad de Descompresión de Forma Aguda. Cuadernos Médicos Sociales. Vol. XXIII Nº 1, marzo 1982. Santiago-Chile.  
  
Ficha clínica anual de aptitud médica para el buceo profesional y deportivo.

Archivo de la sociedad Chilena de Medicina del Deporte. vol. 27 - Octubre 1982, Santiago - Chile.

Termoregulación y Buceo. Revista Arpón. Federación Chilena de Deportes Submarinos N° 1, Julio - Agosto 1957, Santiago - Chile

Cartilla para el buceo repetitivo; COODYR IV Región - La Serena, 19/1983. Centro Nacional de Medicina del Buceo. manuscrito no publicado.

Fisiología y Medicina del Buceo. Texto de instrucción y programada; COORDYR IV Región La Serena, 1983.

Manual de Riesgos Físicos a presiones anormales. Ministerio de Salud, 1982.

10. **COCKEET A.T.K.** Resultado del tratamiento combinado de la Enfermedad de descompresión.  
  
School of Medicine, Strong Memorial Hospital Rochester N.Y. U.S.A.
11. **CHAVARRI  
MICHAELS  
JULIO** Estudio de 80 casos de enfermedad por mala descompresión tratados por el Servicio de Salvamento de la marina del Perú.  
XXIII Congreso de Medicina Farmacia Militar. Dic. 1980, Santiago-Chile.
12. **CHESTERMANN  
C.N.** Coagulación intravascular diseminada y cuadros relacionados.  
Medicina/Junio 1981. IDEPSA/Madrid, España.
13. **DEPTO. DE MEDICINA AEROESPACIAL FUERZA AEREA DE CHILE** Fisiología del vuelo.  
Dirección de Sanidad.  
Fuerza Aérea de Chile. 1983.
14. **DRUGAND THERAPEUTICS BULL** Tratamiento de los ataques apoplécticos en las primeras doce horas.  
"Carta Médica". Sept. 1983. P.A.H.E.F.
15. **DUEKER CH.W.** Medical aspects of sports diving 4º, edición Mayo 1974. A.S. Barnes y Co. N.Y. U.S.A.

16. **ECHEVERRIA C., OESTERLE G., MARAMBIO J., CORDOVA S. y HUIDOBRO R.** Enfermedad de descompresión y embolia de gas. Análisis de casos tratados en instalaciones hiperbáricas de la Armada de Chile. XXIII Congreso Internacional de Medicina y Farmacia Militar. Dic. 1980. Santiago-Chile.
17. **ESCRIBA DOLO A.** Fisiología de la Hemostasia. Medicina Junio 1981. IDEPSA/Madrid, España.
18. **GODDMAN** Las bases farmacológicas de la terapéutica.
19. **GANONG W.F.** Manual de Fisiología Médica. Edit. El Manual Moderno S.A. México 11 D.F. 1980.
20. **HELTMAN CH. y MC. GRATH J.** Management of Decompression. Sickness and arterial Air Embolism.
21. **JEPPESEN SANDERSON INC.** Sport Diver. Manual. Jeppesen Sanderson Inc. Denver - Colorado 1975.
22. **INSTITUO ITALIANO DE MEDICINA SOCIAL** Problemas médicos preventivos y sociales de la actividad subacuática. Toma, mayo 1965.
23. **INSTITUTO FRANCES DEL PETROLEO** El buceo profundo. Editions Technip. Instituto Francés del Petróleo. Paris, 1970.
24. **KUCKER H.** Uso de programas de Computación en modelos experimentales de descompresión. Proceeding 3<sup>o</sup> Scientific. Symposium C.M.A.S. British Sub Agua Club London 1973.
25. **LE CHUITON J.** Los accidentes del Buceo. Patología y Terapéutica. Marine Nationale Toulon 1976.
26. **MARCANTE D.** Manual Federal de Buceo. F.I.P.S. Italia 1973.
27. **MARINE AMERICANE** U.S. Navy Diving Manual, Edición 1979. Pest Bookbinders 23005. Carson California, U.S.A.
28. **MARINE NATIONALES** Le Plongee B. Arthaud 1967 - Francia



29. **MEYERS F. Y COLS.** Manual de Farmacología Clínica. Editorial El Manual Moderno S.A. México 11 D.F. 1980.
30. **MINISTERIO DE LA DEFENSA NACIONAL, SUBSECRETARIA DE LA MARINA DE CHILE** Decreto 752 - Diario Oficial de la República de Chile, N° 34413. Año CV N° 259.969 (M.R.) Noviembre 10 de 1982, Santiago-Chile.
31. **NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES** Fundamentos de la Medicina Hiperbárica. Washington 1966. U.S.A.
32. **NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION** The Noa Diving manual, 1975. U.S.A.
33. **PLANTE LOGN-CHAMP G.** Hipótesis acerca de las lesiones anatomopatológicas de la enfermedad de descompresión. Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas 3º Simposio Interna de Medicina del buceo. C.M.A.S. Martinica. Mayo 1975.
34. **PONS R.** Enfermedad de descompresión. Recientes contribuciones en el campo de su etiología y tratamiento XXIII Congreso de Medicina y Farmacia Militar. Diciembre 1980. Santiago-Chile.
35. **PROCEEDINGS OF THE 1, 2, 3 y 4** Underwater Physiology 1955, 1963, 1967 y 1971. U.S.A. (Symposiums)
36. **SHILING CH. W.** Underwater Medicine and related Sciences. IFI/PLENUM. N. York 1973.
37. **SLICHTER S. J. Y COLS.** Dysbaric osteonecrosis a consequence of intravascular bubble formation endotelial damage and platelet thrombosis. J. Lab. Clin. Med. October 1981.
38. **SMITH K. Y D'AONST B.B.** The Etiology and Course of descompresión Sickness. Naval Research Reviews. Enero 1976, U.S.A.
39. **STRAUSS R.H.** Diving Medicine. Grune et Stretton, Edits. N. YORK 1.0003 U.S.A.

40. **TAILLEUR JEAN** Recientes avances terapéuticos en los accidentes de buceo.  
Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas 3º Simposio Internacional dse Medicina del Buceo. Martinica, Mayo 1975.
41. **WALDER D.  
Y COLS.** New insight into decompression sickenss.  
Ocean Industry, August 1975.
42. **WALKER D.** Provisional Report on the 1974 Diving Deaths South pacific Underwater Medicines.  
Soc. U.S. Abril - Junio 1975.
43. **WEST J.B.** Ventilación, perfusión alveolar e intercambio gaseoso.  
Editorial Médica Panamericana 1979.
44. **WOLKIEWIEZ J.** La enfermedad de descompresión.  
Confederación Mundial de actividades Subacuáticas 3º Simposio Internacional de Medicina del Buceo. C.M.A.S., Martinica Mayo 1975.

# Equivalencias de medidas más usadas

## Abreviaturas

CF	=	Pies cúbicos
CFM	=	Pies cúbicos por minuto
SCF	=	Pie cúbico standard
SCFM	=	Pie cúbico por minuto standard
ACFM	=	Pie cúbico por minuto en referencia a presión determinada
PSIA	=	Libras pulgadas cuadrada absoluta
PSIG	=	Libras pulgada cuadrada manométrico
FSW	=	Columna de presión expresada en pies de agua salada (de mar)
FPM	=	Pies por minuto
ATM	=	Atmósfera
ATA	=	Atmósfera absoluta
FW	=	Columna de presión expresada en pies de agua destilada a 4° C.
PSI	=	Libras por pulgada cuadra
SCF	=	(Standad Cubic Feet) El concepto standard se refiere a pies cúbicos o pies cúbicos por minuto de gas, medidos a la presión de una atmósfera y a una temperatura de 0° C.
ACF	=	(Actual Cubic Feet) Se refiere a la cantidad de pies cúbicos o pies cúbicos por minuto, medidos a la presión de referencia; en este caso la presión de la cámara en un instante dado.

**NOTA:** De preferencia se usarán letras minúsculas para expresar unidades de medida.

## Equivalencias

- a)      Unidad Americana                      Unidad Métrica
- |          |   |               |
|----------|---|---------------|
| - 1 cf.  | = | 28.317 litros |
|          | = | 0.028317 m3   |
| - 1 psi. | = | 70.3 gr/cm2   |
|          | = | 0.0703 kg/cm2 |
|          | = | 0.069 Bar     |
- b)      Equivalencias comunes entre unidades USA
- |                     |   |            |
|---------------------|---|------------|
| - 1 Atmósfera (atm) | = | 33.9 fw.   |
| - 1 Atmósfera (atm) | = | 33 fsw     |
|                     | = | 14.7 psi.  |
|                     | = | 760 mm hg. |
- c)      Nuevas unidades de medidas europeas y su equivalencia con las antiguas:

Antigua	Nueva	Conversión	
Kp	N (Newton)	1 kp = 9,81 N	1 N = 0,102kp
Kp/cm2	bar	1 kp cm2 = 10 N	0,1 kp
at	bar	1 kp cm2 = 1 bar	1 bar = 1,02 kp/cm2
ata	bar (abst)	10 N/cm2	
mH2O	bar	1 ata = 1 bar (obst)	1 bar (obst) = 1,02 ata
mws	bar	1 mH2O = 0,1 bar	1 bar = 10,2 mH2O
Torr	mbar	1 mws = 0,1 bar	1 bar = 10.2 mws
mm kg	mbar	1 torr = 1,33 mbar	torr
mm Qs	mbar	1 mmHg = 4/3 mbar	1 bar = 0,75 mmHg
		1 mmQs = 1,33	= 3/4 mmQs

Las equivalencias de la tabla c, corresponden a las medidas adoptadas últimamente en Europa y son las actualmente vigentes por norma.



Autor.: Ministerio de Seguridad

Título: Examen de seguridad para el comp.

Nº top.: 03262.