

MANUAL DE BUCEO CON NITROX

Manual realizado por la Federación Española de Actividades Subacuáticas (F.E.D.A.S.)
Sistema de enseñanza homologado por la Confederación Mundial de Actividades
Subacuáticas (C.M.A.S.)





3ª edición, 2019

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del "Copyright", bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

© **2007 FEDAS**, Federación Española de Actividades Subacuáticas
Aragó, 517, 5ª planta, 1ª puerta - 08013 BARCELONA
Impreso en España - Printed in Spain

Imprime: Imprenta Bielsa

ISBN: Depósito legal: 978-84-09-16188-1

Documentación y textos: Germán García Utrabo
 José Manuel Iniesta Alonso-Sañudo
 Juan Límia Sánchez
 Vicente Damián de las Heras
 José Mª Gómez Olleta
 Instructores de la EMBAD (Escuela Madrileña de Buceo Autónomo Deportivo).

Revisión de textos: Javier Vázquez Miguel

Gráficos: Quique Sánchez

Fotografía de portada
y contraportada: Pedro Sandoval del Olmo

Fotografías: José María Gómez Olleta, Juan Antonio Martín Barco, Vicente Damián de las Heras, Sergi Pérez García y Pedro Sandoval del Olmo

Coordinación: Escuela Nacional de Buceo Deportivo (E.N.B.A.D.)

***Especialidad de
Buceo con Nitrox
Manual del alumno***

Índice

Prólogo	8
Introducción	9
Capítulo 1. La toxicidad del oxígeno	
Introducción	14
La hiperoxia de las altas presiones (HAP).....	17
Nitrox y narcosis	30
Cuestiones	32
Capítulo 2. Elaboración de los planes de ascenso	
Introducción	36
Utilización de tablas diseñadas para el buceo con aire	37
Tablas diseñadas para mezclas nitrox	40
Ordenadores de buceo nitrox.....	48
Cuestiones.....	50
Capítulo 3. Normas de seguridad para el manejo de aire enriquecido con oxígeno	
Los equipos de buceo y el EANx	52
Análisis de las mezclas de EANx.....	54
Las hojas de inmersiones.....	58
Cuestiones.....	61
Acrónimos utilizados.....	62

prólogo

El objetivo de este curso es conseguir la adecuada formación del alumno para poder utilizar mezclas de aire enriquecido con oxígeno, Nitrox, hasta el 40 % como mezcla respiratoria de fondo o de descompresión.

Este curso ha sido elaborado pensando en lo útil que puede ser para los buceadores deportivos de nivel B-1E y B-2E la utilización del Nitrox en sus inmersiones. El aumento en su seguridad, el que cada día existan más centros de buceo que carguen Nitrox y que el buceador no necesite cambiar de equipo para utilizarlo, son las razones por las que dentro de muy poco el buceo con Nitrox será una practica habitual.

El método de aprendizaje que hemos establecido para este curso no requiere la realización de complicados cálculos matemáticos, todo lo contrario, cualquier buceador podrá seguirlo centrándose en comprender los conceptos fundamentales y olvidándose de las operaciones matemáticas.

Por otro lado, los temas que se tratan y el tipo de inmersiones que pueden hacerse con más seguridad utilizando Nitrox, seguramente, inducirán a que algunos buceadores comiencen a interesarse por el buceo técnico y a tener una visión más adecuada de lo que supone. Para satisfacer estas inquietudes, después de superar este curso, podrán seguir con otros curso dentro del plan de formación de la ENBAD.

Pero, ¿qué es el Nitrox?

Se llama Nitrox a cualquier mezcla de nitrógeno (N_2) y oxígeno (O_2).

Entonces, el aire que respiramos en estos momentos y el aire con que llenábamos hasta ahora nuestras botellas para bucear... ¿también es Nitrox?

Podríamos decir que sí, porque es una mezcla que contiene aproximadamente un 21% de oxígeno, un 79% de nitrógeno y una cantidad despreciable del orden del 0,03% de otros gases (gases nobles, CO_2 ...)

¿Qué tiene diferente el Nitrox que vamos a empezar a usar a partir de ahora en las inmersiones?

La proporción entre el oxígeno y el nitrógeno.

A partir de ahora, cuando hablemos de Nitrox nos estaremos refiriendo a mezclas de O_2 y N_2 enriquecidas en oxígeno y, por tanto, con menos nitrógeno que el aire.

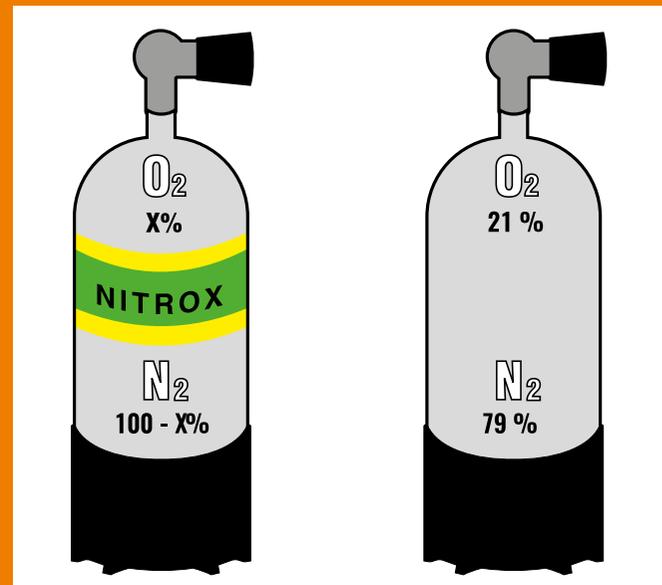
Por ejemplo, podemos utilizar una mezcla con 38% de O_2 y 62% de N_2 . A esta mezcla le llamaremos EAN38 (Enriched Air Nitrox) que quiere decir Aire Enriquecido Nitrox con 38% de oxígeno. Así pues, si nos dicen que vamos a bucear con un EAN30 quiere decir que la mezcla tendrá un 30% de O_2 y 70% de N_2 . ¿Y si nos dicen que vamos a usar EAN21? Pues quiere decir que vamos a utilizar aire atmosférico.

¿Se puede utilizar cualquier proporción en la mezcla Nitrox?

NO. Si quieres seguir utilizando una botella y un regulador normal

¿QUÉ ES NITROX?

EANx



NUNCA SE DEBE SUPERAR EN LA MEZCLA EL 40% DE O_2 .

Una proporción superior al 40% de O_2 en una botella o en un regulador que no estén preparados especialmente para ello podría provocar una combustión espontánea del gas o una explosión y causar graves lesiones a quien lo manipula.

¿Qué ventajas tiene utilizar aire enriquecido con O₂?

Las más importantes se deben a la disminución de la concentración de nitrógeno. No olvidemos que el N₂ es el gas responsable de la aparición de las microburbujas, de la Enfermedad Descompresiva y en parte de la Narcosis.

Al disminuir la concentración de N₂ en la mezcla respiratoria disminuye su presión parcial (debido a que la presión parcial es igual al producto de la presión absoluta por la concentración). Al disminuir la presión parcial externa disminuirá la velocidad con que se disuelve el nitrógeno en los tejidos. Por eso, cuanto mayor sea la concentración de O₂ en la mezcla menos nitrógeno tendremos disuelto en los tejidos al final de la inmersión.

Como consecuencia de todo esto en una inmersión con Nitrox, a una profundidad determinada si la comparamos con una inmersión realizada con aire, tendremos las siguientes ventajas:

a) Aumenta el Tiempo Límite sin Descompresión (DECO).

Ejemplo:

TL a 24 m utilizando aire39 min

TL a 24 m utilizando EAN3660 min

b) Disminuyen los tiempos de DECO en el caso de superar el Tiempo Límite.

Ejemplo:

70 min a 24 m utilizando aire DECO de 54 min a 6 m

70 min a 24 m utilizando EAN36 ... DECO de 7 min a 6 m



Aunque veamos reguladores con la indicación de Nitrox, podemos seguir utilizando nuestro regulador habitual siempre que la mezcla no contenga una concentración de oxígeno superior al 40 %.

c) Disminuyen los efectos de la Narcosis.

d) Se reduce el Tiempo de nitrógeno Residual.

Ejemplo:

60 min a 24 m utilizando aireGrupo de In. Sucesiva N

60 min a 24 m utilizando EAN36 ...Grupo de In. Sucesiva K

e) Se reduce el riesgo de accidente de descompresión.

Además, una mayor oxigenación del organismo durante la inmersión favorece la **disminución del consumo** y que se note **menos cansancio** después de la inmersión.

¿Y cuáles son los inconvenientes?

El oxígeno, según su concentración en la mezcla (%), **se convierte en tóxico a determinadas profundidades**. Su toxicidad puede producir lesiones graves e incluso la muerte. Por tanto, su utilización requiere unos conocimientos y una actitud responsable del buceador. Ése es el objeto de este curso.

Entonces, ¿cuál es la profundidad máxima que puedo alcanzar utilizando Nitrox?

Pues, depende de la mezcla que utilices. Por ejemplo, si utilizas EAN36 no debes superar los 29 m. Esto es algo que vas a aprender a calcular durante el curso.

De todas formas, tú tienes un límite de profundidad propio según la titulación de buceador que tengas y no lo debes superar independientemente de que utilices aire o Nitrox.

¿Es algo nuevo utilizar Nitrox?

Desde luego que no, desde hace más de 30 años los buceadores de muchos ejércitos y los que trabajan en empresas de buceo profesional lo han utilizado para mejorar su rendimiento.

En 1979, en Estados Unidos, la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) editó las primeras tablas para las mezclas EAN32 y EAN36 que denominaron Nitrox I y Nitrox II respectivamente.

Sin embargo cada día hay más centros de buceo que pueden cargar Nitrox y en el futuro, debido a las ventajas que ofrece, la mayoría de las inmersiones entre 12 y 40 metros se realizarán con estos gases.



Lógicamente, los procedimientos de carga de las botellas son diferentes.



CAPÍTULO 1

LA TOXICIDAD DEL OXIGENO

Los límites del nitrox. Aumentamos la proporción de oxígeno en la mezcla respirable y tenemos que conocer sus consecuencias. Sobre todo cuando éstas sean peligrosas para el buceador: Las intoxicaciones con oxígeno. No es fácil que se produzcan pero como pueden producir un accidente grave hay que saber eliminar riesgos

Introducción

VAMOS A CONOCER

- 1) *Que hay dos tipos de intoxicación*
- 2) *Cómo calcular las presiones parciales*

¿Dos tipos de intoxicación

El O_2 cuando es tóxico puede provocar dos efectos diferentes sobre el organismo del buceador:

A. Un efecto sobre el Sistema Nervioso Central, el efecto descrito por **Paul Bert**, también denominado **Hiperoxia de Altas Presiones (HAP), hiperoxia del sistema nervioso central (SNC) o intoxicación aguda por oxígeno**.

Entre los efectos que produce destacan por su peligrosidad los síntomas que aparecen dentro de una crisis convulsiva porque sus consecuencias para el buceador pueden ser mortales.

Aparece por respirar durante un intervalo de tiempo un gas con una presión parcial de oxígeno alta (si la presión parcial de O_2 es de 1,6 atm el máximo tiempo de exposición tolerable es de 45 minutos).

B. Un efecto sobre el aparato respiratorio, en concreto sobre los pulmones, descrito por **Lorraine Smith** y también denominado **intoxicación crónica por oxígeno**. Sus consecuencias no son tan graves.

Aparece por respirar un gas con una presión parcial de oxígeno superior a 0,5 atm, pero los tiempos de tolerancia son muy grandes. Esta es la

razón por la que si utilizamos durante una inmersión aire enriquecido entre un 21 y un 40% de O_2 , EANx, es muy poco probable sufrir este tipo de intoxicación (respirando EANx con una presión parcial de 1,6 atm necesitaríamos exponernos más de 400 minutos en un día para padecerlo).

Por esa razón, utilizando como máximo EAN40 y realizando los perfiles de inmersión normales en el buceo deportivo no debemos preocuparnos por esta intoxicación crónica de oxígeno. Sólo deberá tenerse en cuenta en el caso de que se produzca un accidente disbárico y el buceador sea tratado con oxígeno normobárico.

Recordemos lo que es la presión parcial de uno de los componentes de una mezcla de gases

Las moléculas de un gas compuesto por un sólo elemento encerrado en un recipiente, por ejemplo oxígeno, ejercen una fuerza sobre la superficie de las paredes del recipiente. Precisamente, esa fuerza dividida por la superficie del recipiente es lo que llamamos presión (figuras 1 y 2).

Pero si el gas fuese una mezcla, por ejemplo de O_2 y de N_2 la presión total sería la suma de las presiones que ejercerían cada uno de los gases de la mezcla por separado (figura 3).

A esa presión que ejercería cada uno por separado es lo que llamamos presión parcial (Pp) y siempre se cumple que la suma de las presiones parciales de todos los componentes del gas tiene que ser igual a la presión total que hay en el recipiente.

El EAN es una mezcla de O_2 y de N_2 y, por tanto, la suma de sus presiones parciales siempre es igual a la presión total. Recordemos que si estamos

Fig. 1

Si el gas sólo contiene moléculas de O2 toda la presión se deberá a ellas

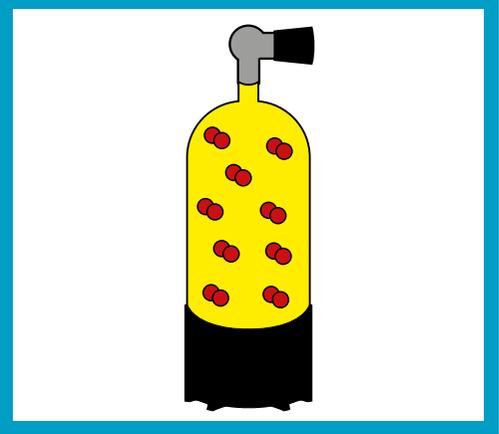


Fig. 2

SÓLO N₂

Si el gas sólo contiene moléculas de N2 toda la presión se deberá a ellas

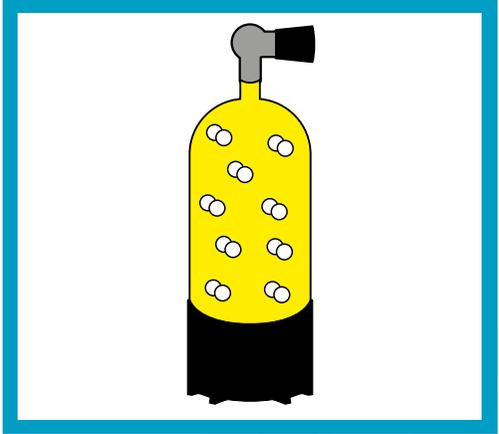
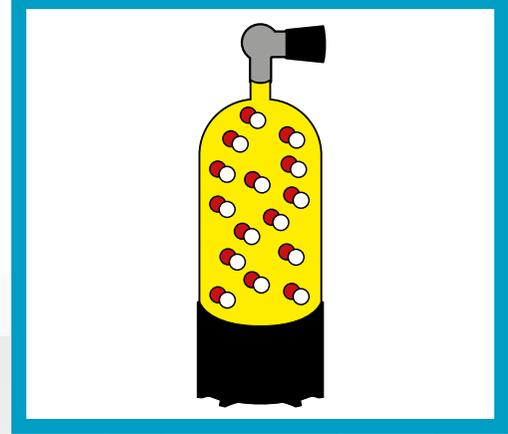


Fig. 3

MEZCLA N₂ y O₂

Pero si es una mezcla de N2 y O2 la presión total será la suma de las presiones que ejercerán cada uno de ellos solos.



respirando un EAN bajo la superficie del agua su presión será igual a la del ambiente. La presión ambiente depende de la la profundidad a la que nos encontremos y es igual a la hidrostática (1 atm cada 10 m de profundidad) más la atmosférica (1 atm). Por eso, para calcular la presión absoluta (P) a una profundidad (h) hacemos el siguiente cálculo:

$$P = (h/10) + 1$$

¿Cómo se puede calcular la Pp?

Es lógico pensar que el valor de la Pp de uno de los componentes de la mezcla es proporcional a la cantidad que haya de ese gas. Cuanto más

cantidad haya más fuerza ejercerán sus moléculas sobre las paredes del recipiente y, al revés, si hay menos cantidad se ejercerá menos fuerza.

La cantidad que hay de cada uno de los componentes en la mezcla se expresa de forma relativa, mediante la concentración en tanto por ciento (en el aire 21 % de O₂ y 79 % de N₂) o en tanto por uno X(c) (en el aire X(O₂) = 0,21 y X(N₂) = 0,79).

En el siglo XIX, John Dalton, un físico ingles, dedujo que la presión parcial de cada uno de los componentes (c) de la mezcla era:

$$Pp(c) = P \times X(c)$$

Como ejemplo vamos a calcular las presiones parciales de O_2 y de N_2 si estuviéramos respirando EAN36 a 25 m de profundidad.

La presión absoluta valdría $P = (25/10)+1 = 3,5$ atm

En un EAN36 hay un 36% de O_2 y un 64 % de N_2 , por tanto las concentraciones en tanto por uno serían:

$$X(O_2) = 0,36 \text{ y } X(N_2) = 0,64$$

Aplicando la fórmula de Dalton para el oxígeno:

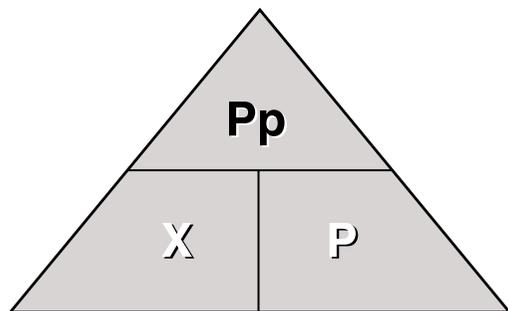
$$Pp(O_2) = P \times X(O_2) = 3,5 \times 0,36 = 1,26 \text{ atm}$$

y en el caso del nitrógeno, $Pp(N_2) = P \times X(N_2) = 3,5 \times 0,64 = 2,24$ atm

Podemos comprobar que se cumple que

$$Pp(O_2) + Pp(N_2) = P; \text{ pues } 1,26 + 2,24 = 3,5 \text{ atm}$$

La expresión matemática de la Ley de Dalton es una fórmula que vamos a utilizar muchas veces



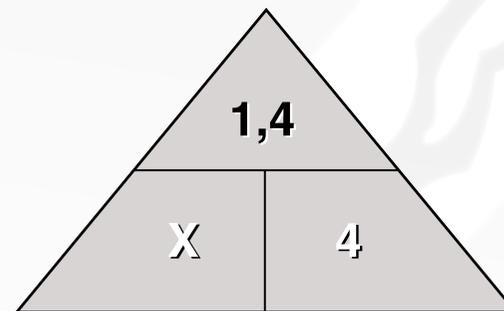
Son tres magnitudes las que forman parte de ella: la $Pp(c)$ del componente, la presión absoluta P a la que respiramos y la concentración en tanto por uno de ese componente $X(c)$. Siempre que conozcamos dos de los tres datos podremos utilizar esta ley para obtener el otro, sólo tenemos que despejar la incógnita en la fórmula.

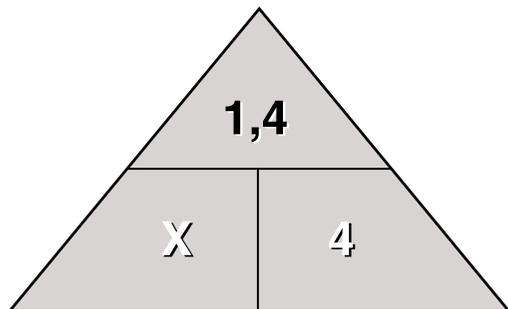
Para hacerlo de una forma rápida podemos utilizar la regla nemotécnica del triángulo.

Colocamos los símbolos de las tres magnitudes dentro de un triángulo separadas por dos líneas rectas, siempre como se ve en la figura.

Tapamos el símbolo de la variable que queremos calcular y observamos como quedan las otras dos. Si quedan una al lado de la otra es que hay que multiplicarlas, si queda una encima de la otra hay que dividir la de arriba por la de abajo.

Por ejemplo, queremos saber cuál debe que ser la concentración de oxígeno $X(O_2)$? en un EAN para que a 30 m ($P = 4$ atm) la $Pp(O_2)$ sea de 1,4 atm.





Colocamos los datos en el triángulo y como 1,4 queda sobre 4...

$$X = 1,4 / 4 = 0,35, \text{ luego } 35 \% \text{ de } O_2, \text{ EAN35.}$$

Otro ejemplo, queremos saber si respiramos EAN32 a qué profundidad la Pp de oxígeno es de 1,4 atm

Colocamos los datos en el triángulo y como el 1,4 queda sobre el 0,32...

$$P = 1,4 / 0,32 = 4,375 \text{ atm}$$

y por tanto, $h = (4,375 - 1) \times 10 = 33,75 \text{ m.}$

Por supuesto, la posición de las variables en el triángulo debe ser siempre la misma, la Pp arriba y la X y la P abajo.

LA HIPEROXIA DE LAS ALTAS PRESIONES (HAP)¹

VAMOS A CONOCER

1. *Cuándo se produce y cuáles son sus síntomas.*
2. *Cómo tratar a un compañero que sufre esos síntomas.*
3. *Cómo evitar que se produzca: Cálculo de la POM y control del TME.*
4. *Cómo elegimos la mezcla apropiada (MA)*

La hiperoxia de las altas presiones se produce al saturarse completamente la hemoglobina y disolverse más de lo habitual el oxígeno en el plasma.

Las consecuencias son la aparición de unos **síntomas primarios** que son la antesala de unas convulsiones similares a las de un **ataque epiléptico** con pérdida del conocimiento y que puede tener consecuencias mortales.

Los síntomas primarios pueden ser:

- **Temblores y espasmos de los músculos de los labios, la cara o de otra parte del cuerpo.**
- **Mareo o vértigo, nauseas.**
- **Anomalías en la visión (visión de túnel).**
- **Anomalías en la audición: ecos, pitidos, tintineo, etc.**
- **Anomalías en el comportamiento: euforia, irritabilidad, ansiedad, confusión, etc.**

Algunos de estos síntomas son similares a una narcosis de nitrógeno.

¹...o del sistema nervioso central (SNC), también llamado efecto de Paul Bert.

La diferencia entre ambos trastornos es que el oxígeno no permite desarrollar una cierta tolerancia y que, así como la narcosis se presenta de forma gradual, la intoxicación de oxígeno en el sistema nervioso central puede manifestarse con la aparición de síntomas primarios o **directamente en forma de convulsiones.**

Esta crisis convulsiva se desarrolla normalmente en tres fases:

FASE TÓNICA

El cuerpo del buceador queda completamente rígido, cesa la respiración y pierde el conocimiento. La laringe queda bloqueada, con el consiguiente peligro de sobrepresión pulmonar en caso de que intentemos llevarlo a la superficie. Esta fase tiene una duración aproximada de 30 segundos.

FASE CLÓNICA

Aparecen las convulsiones y generalmente el buceador continúa con las vías respiratorias bloqueadas. Esta fase dura, aproximadamente, 1 minuto.

FASE DE DEPRESIÓN POSTCONVULSIVA

Se relaja la musculatura y el buceador respira de forma rápida. Si sigue la exposición entra en un estado de síncope que conduce a la muerte.

¿Cómo debemos reaccionar ante la aparición de los síntomas de intoxicación en nuestro compañero?

- 1.º Subir al accidentado de la forma más rápida y segura posible, teniendo en cuenta que el buceador ya está afectado y que puede pasar a la etapa convulsiva.*
- 2.º Si ésta se presenta, se deberá esperar a que el buceador esté en la fase de depresión post-convulsiva para llevarlo a superficie, sujetándole el regulador en la boca y con la nuca hacia atrás.*
- 3.º Si se ha producido el ahogamiento, aplicaremos la RCP en la superficie.*

No hay que olvidar nunca cómo se desarrolla la crisis convulsiva para que el rescate no le produzca una sobrepresión pulmonar.

Dada la gravedad que puede tener el HAP son muy importantes todas las medidas que debemos tomar para impedir que suceda.

¿Cómo evitar que se produzca la hiperoxia del sistema nervioso central (SNC)?

Para que se produzca la saturación al 100% de la hemoglobina por el O₂, es decir, que se disuelva de forma exagerada el oxígeno en la sangre, es necesario que pase un intervalo de tiempo considerable durante el que el valor de la Pp(O₂) en el aire respirado sea mayor que la tensión de O₂ en la sangre.

Lógicamente cuanto mayor sea la Pp(O₂) más rápidamente se disolverá el O₂ en la sangre y antes se producirá la saturación de la hemoglobina. El tiempo transcurrido hasta ese momento es lo que llamamos tiempo de tolerancia al oxígeno.

Este tiempo de tolerancia es diferente para cada persona porque la disolución del oxígeno en su sangre depende de sus condiciones fisiológicas.

Para una $P_p(O_2) = 2$ atm casi todas las personas tienen un tiempo de tolerancia al oxígeno de varios minutos siempre que se encuentren en reposo. Esto permite que se realicen descompresiones “especiales” o tratamientos terapéuticos con oxígeno a esa P_p .

Sin embargo, durante una inmersión estos tiempos se reducen de forma considerable, lo que condujo a la NOAA a elaborar una tabla con el Tiempo Máximo de Exposición (TME) que se debería permanecer en una inmersión única según las presiones parciales de oxígeno (Tabla 1).

Hay que observar que los tiempos máximos de exposición se refieren a una sola inmersión. Luego veremos que hay que hacer en el caso de las inmersiones sucesivas.

La máxima presión parcial que aparece en la tabla es de 1,6 atm, sin embargo, la norma de seguridad que debemos cumplir es que **no debemos exponernos a presiones parciales de O_2 superiores a 1,4 atm.**

Además de las diferencias entre cada buceador respecto a la disolución del oxígeno en sus tejidos **existen otros factores que influyen en la intoxicación aguda de O_2 como:**

- A.- EL ESFUERZO FÍSICO. El ejercicio reduce la tolerancia del buceador al oxígeno, apareciendo antes y con mayor gravedad los síntomas de intoxicación.

INMERSIÓN ÚNICA	
$P_p (O_2)$ atm	TME min. - hh:mm
1,6	45 - 00:45
1,5	120 - 02:00
1,4	150 - 02:30
1,3	180 - 03:00
1,2	210 - 03:30
1,1	240 - 04:00
1,0	300 - 05:00
0,9	360 - 06:00
0,8	450 - 07:30
0,7	570 - 09:30

TABLA 1. Tiempo Máximo de Exposición para cada $P_p(O_2)$ en una inmersión recreativa utilizando EAN, según la NOAA

B.- LA TEMPERATURA. El calor provoca dilatación de los vasos sanguíneos, acelerando el transporte de gas a los tejidos y, por otro lado, el frío retarda la eliminación de gases disueltos en los tejidos.

C.- LA DESHIDRATACIÓN. Un buceador deshidratado elimina de forma más lenta los gases disueltos en los tejidos al tener la sangre más espesa.

D.- EL DIÓXIDO DE CARBONO. El CO₂ actúa como vasodilatador, permitiendo un transporte más rápido de los gases a los tejidos. Una adecuada ventilación pulmonar, con una respiración pausada y profunda, evitará su acumulación en los pulmones. No debemos olvidar que hay personas que son retenedoras de CO₂ y que tienen más dificultad para eliminarlo.

Volviendo a la Tabla 1, si observamos el TME que corresponde a una inmersión con una Pp(O₂) de 1,4 atm, veremos que son 150 minutos (2 horas y media) que es un tiempo muy largo para una inmersión, incluso su 80 % que serían 120 minutos (2 horas) también lo es. Sin embargo, para Pp de 1,5 y 1,6 atm el 80% de sus TME serían 96 y 36 minutos respectivamente, lo cual ya se aproxima a tiempos normales de inmersión. Una razón más para no superar la Pp(O₂) de 1,4 atm. Por tanto, si queremos evitar la intoxicación aguda al realizar una inmersión con EANx tenemos que cumplir las siguientes...

NORMAS DE SEGURIDAD

- 1.º No exponernos a presiones parciales superiores a 1,4 atm.
- 2.º No permanecer en la inmersión más del 80% del TME.
- 3.º Hidratarnos bien antes de la inmersión y afrontarla en las mejores condiciones físicas posibles.
- 4.º Durante la inmersión realizar el menor ejercicio posible, prevenir el frío al final de la misma y mantener un ritmo respiratorio que permita una buena ventilación pulmonar.

¿Cómo nos aseguramos de que durante la inmersión no nos exponemos a una Pp(O₂) superior a 1,4 atm?

Calculando PREVIAMENTE la Profundidad Operativa Máxima (POM) y no superándola.

Porque la Pp(O₂) depende de la presión exterior P, o sea, de la profundidad y de la concentración de oxígeno X(O₂) de la mezcla, es decir, del tipo de EANx que estemos utilizando. Por tanto, **para cada tipo de EANx tendremos una POM diferente.**

Para calcular la POM necesitamos saber primero la máxima P exterior que podemos soportar con esa mezcla. Si suponemos que ese valor máximo provoca una Pp(O₂) = 1,4 atm, utilizando la regla del triángulo con el dato de la X(O₂) tendríamos:

$$\frac{1,4}{X} = P$$

Por ejemplo, si la mezcla es un EAN32, 1,4 / 0,32 = 4,375 atm y para calcular la profundidad, recordemos que h = (P - 1) x 10, o sea:



La profundidad máxima de la inmersión no debe superar NUNCA a la Profundidad Operativa Máxima (POM).

$$h = (4,375 - 1) \times 10 = 33,75 \text{ m.}$$

Lógicamente en este cálculo **siempre se redondea por defecto** y la POM sería de 33 m.

Como puede ocurrir que una pareja de buceadores tenga en sus botellas diferente proporción de O₂ y N₂ y estén utilizando dos EANx diferentes, por ejemplo, EAN31 y EAN32, es necesario **establecer una Profundidad**

Operativa Máxima para la pareja (o para el equipo de buceadores si son más de dos) que será la mínima de las individuales.

De esta forma todos los buceadores estarán dentro de los márgenes de seguridad en cuanto a la intoxicación aguda de O₂ y, además, podrán establecer un plan de ascenso común para todos (Tiempos límite, paradas de descompresión, etc.).

En el ejemplo que hemos puesto el buceador con EAN32 tendría una POM de 33 m y el del EAN31 su POM sería de 35 m.² Por tanto, la POM de esa pareja sería 33 m.

Cada equipo o pareja de buceadores debe cumplir las siguientes normas de seguridad...

NORMAS DE SEGURIDAD

- 5.º Cada buceador, antes de iniciar la inmersión, debe realizar el cálculo de su propia POM en función del EANx que utiliza (redondeando por defecto) y ANOTARLO EN LA BOTELLA.
- 6.º Se tomará como POM de la pareja o el equipo de buceadores la mínima de entre todas las que tengan sus componentes.
- 7.º Durante la inmersión ninguno de los miembros del equipo descenderá por debajo de la POM del equipo.
- 8.º La POM siempre se calcula por defecto, por ejemplo, ante un resultado de 28,7 tomamos 28 m de POM.

Para un cálculo rápido de la POM podríamos recurrir a la tabla 2.

Con esta tabla podríamos encontrar la POM para cada EAN.

² La POM con EAN31 sería porque $1,4 / 0,31 = 4,516 \text{ atm}$, y $h = (4,5-1) \times 10 = 35 \text{ m}$.

En la primera fila se encuentran las concentraciones de O_2 de las diversas mezclas, elegimos la concentración del EAN para el que queremos calcular su POM y bajamos por su columna hasta que lleguemos a una línea roja. En la casilla anterior a la línea roja encontraremos dos números el inferior, siempre próximo a 1,4, será la Pp de oxígeno. Si recorremos esa fila hacia la izquierda llegaremos a la columna de las profundidades y allí está la POM.

Por ejemplo, supongamos que queremos calcular la POM para el EAN39, descendemos por la columna encabezada por el 39, llegamos a la línea roja, la casilla anterior indica 18 y 1,40 (ya veremos más adelante lo que significa el 18) seguimos hacia la izquierda y acabamos en la profundidad 26 m, esa es la POM.

También, nos sirve esta tabla 2 para conocer, sin tener que realizar ningún cálculo, la Pp de oxígeno a cualquier profundidad según la mezcla que utilicemos.

Siguiendo la columna de la concentración de oxígeno y la fila de la profundidad llegamos a una casilla con dos números, el inferior es la Pp.

Por ejemplo, la Pp de oxígeno a los 34 m cuando respiramos EAN30 si bajamos por la columna del 30 hasta la fila del 34 encontramos la casilla con el 1,32 en la posición inferior, ésa es la Pp de oxígeno.

Para bucear con Nitrox es necesario un cambio de mentalidad

No estamos acostumbrados a elegir la mezcla. Cuando buceamos con aire tomamos nuestra botella y planificamos la inmersión, eligiendo una profundidad máxima y un tiempo de fondo, en función de si queremos



Para bucear con nitrox hay que preguntarse antes: "¿hasta dónde queremos bajar?"

o no entrar en descompresión y, en ese caso, del tiempo que queremos dedicar al ascenso.

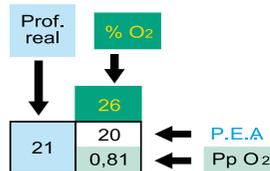
Pero ahora, lo primero, es elegir la mezcla. Porque puede sernos indiferente si el perfil de la inmersión que vamos a realizar se puede adaptar a la mezcla que llevamos pero, ¿y si no es sí?

Si vamos a realizar una inmersión en un bajo que desciende desde los 3 hasta los 40 m y llevamos EAN36, al planificar la inmersión, utilizando la tabla 2 con una Pp(O_2) máxima de 1,4 atm obtendremos una POM de 29 m. ¡No hay problema!, realizaremos la inmersión sabiendo que no podemos descender más de esos 29 m.

TABLA 2

Prof. m	E.A.N.														
	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	16	15	14	14
	0,81	0,84	0,87	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24
22	20	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16	15	15
	0,83	0,86	0,90	0,93	0,96	0,99	1,02	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,22	1,25	1,28
23	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16	16	16
	0,86	0,89	0,92	0,96	0,99	1,02	1,06	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,25	1,29	1,32
24	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17	17	16
	0,88	0,92	0,95	0,99	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36
25	23	23	22	22	22	21	21	20	20	19	19	18	18	18	17
	0,91	0,95	0,98	1,02	1,05	1,09	1,12	1,16	1,19	1,23	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40
26	24	24	23	23	22	22	21	21	21	20	20	19	19	18	18
	0,94	0,97	1,01	1,04	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	1,40	1,44
27	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	20	19	19
	0,96	1,00	1,04	1,07	1,11	1,15	1,18	1,22	1,26	1,30	1,33	1,37	1,41	1,44	1,48
28	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20	20	19
	0,99	1,03	1,06	1,10	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,37	1,40	1,44	1,48	1,52
29	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21	20
	1,01	1,05	1,09	1,13	1,17	1,21	1,25	1,29	1,33	1,37	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56
30	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	22	21	21
	1,04	1,08	1,12	1,16	1,20	1,24	1,28	1,32	1,36	1,40	1,43	1,48	1,52	1,56	1,60
31	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	24	23	23	22	
	1,07	1,11	1,15	1,19	1,23	1,27	1,31	1,35	1,39	1,44	1,48	1,52	1,56	1,60	
32	30	29	29	28	28	27	27	26	26	25	25	24	23		
	1,09	1,13	1,18	1,22	1,26	1,30	1,34	1,39	1,43	1,47	1,51	1,55	1,60		
33	31	30	30	29	29	28	28	27	26	26	25	25			
	1,12	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,38	1,42	1,46	1,51	1,55	1,59			
34	32	31	31	30	29	29	28	28	27	27	26				
	1,14	1,19	1,23	1,28	1,32	1,36	1,40	1,45	1,50	1,54	1,58				
35	33	32	32	31	30	30	29	29	28	28					
	1,17	1,22	1,26	1,31	1,35	1,40	1,44	1,49	1,53	1,58					
36	34	33	32	32	31	31	30	30	29						
	1,20	1,24	1,29	1,33	1,38	1,43	1,47	1,52	1,56						
37	35	34	33	33	32	32	31	30	30						
	1,22	1,27	1,32	1,36	1,40	1,46	1,50	1,55	1,60						
38	35	35	34	34	33	32	32	31							
	1,25	1,30	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	1,58							
39	36	36	35	35	34	33	33								
	1,27	1,32	1,37	1,42	1,47	1,52	1,57								
40	37	37	36	35	35	34	34								
	1,30	1,35	1,40	1,45	1,50	1,55	1,60								
41	38	38	37	36	36	35									
	1,33	1,38	1,43	1,48	1,53	1,58									
42	39	39	38	37	37										
	1,35	1,40	1,46	1,51	1,56										

Leyenda



Pero, ¿y si lo que queremos es bucear en un pecio que se encuentra a 30 m de profundidad? Con esa mezcla no tiene sentido realizar la inmersión. No vamos a “sobrevolar” el pecio todo el tiempo a 29 m.

Y, sin embargo, ésta inmersión es una inmersión muy apropiada para utilizar Nitrox, ya que a 30 m de profundidad respirando aire el tiempo límite es pequeño y con el Nitrox lo podríamos prolongar más. Sólo es necesario elegir la mezcla apropiada para realizar la inmersión.

Elegir la mezcla apropiada es tan sencillo como despejar en la famosa fórmula de Dalton (la del triángulo) la concentración de oxígeno X después de sustituir los valores de la presión ambiental máxima a la que vamos a estar (4 atm en la inmersión del pecio) y de la Pp(O₂) máxima que estamos dispuestos a soportar (1,4 atm como máximo).

$$1,4 / 4 = 0,35 = X; \text{ lo que supone un EAN35.}$$

Y todavía puede ser más sencillo utilizando la tabla 2. Siguiendo la fila de la profundidad encontramos también la línea roja, la casilla anterior tiene la Pp de 1,4 o más próxima y si ascendemos en esa columna encontramos el EAN correspondiente. Así, por ejemplo, podemos observar que la mezcla apropiada para una inmersión a 40 m con Pp(O₂) = 1,4 atm es la de EAN28.

Otro ejemplo, comprueba con la tabla 2 que la mezcla apropiada para una inmersión a 30 m con Pp(O₂) = 1,4 atm es la de EAN35.

Ya hemos dicho que en el buceo deportivo no es conveniente exponerse en el fondo a Pp(O₂) de 1,5 y 1,6 atm, aunque, en el buceo técnico se pueden soportar esas Pp en las paradas de descompresión donde no se realiza apenas esfuerzo y el frío no tiene porque ser intenso.

¿Cómo controlamos el tiempo de exposición al oxígeno?

Salvo en el caso de la Pp(O₂) de 1,6 atm, los tiempos máximos de exposición (TME) son lo suficientemente altos (ver tabla 1) como para que en una inmersión deportiva habitual no nos preocupemos de ellos. Así, en el caso de que utilicemos una mezcla a una profundidad de manera que la Pp sea de 1,4 atm el TME sería de 150 minutos y su 80 % de 120 minutos. Dos horas a esa profundidad es mucho tiempo para una inmersión deportiva.

Ahora bien, cuando realicemos inmersiones sucesivas o durante varios días seguidos sí que es importante vigilar los TME.

Hay una situación excepcional. En 1981 la Us Navy publicó una tabla de TME en inmersiones únicas para situaciones en las que el buceador durante la inmersión realice esfuerzos considerables o sufra un alto grado de estrés que le obliguen a respirar de una forma sofocada por más de dos minutos (Tabla 3).

Como se puede observar en esa Tabla 3, los tiempos disminuyen respecto a los de la Tabla 1, lo suficiente como para tenerlos en cuenta durante una inmersión habitual (por lo menos a partir de 1,3 atm). En nuestro ejemplo de Pp = 1,4 atm el 80 % del TME sería de 40 minutos, lo que ya es un tiempo normal de inmersión.

Por eso el buceador debe vigilar y si se producen esas condiciones especiales usará la Tabla 3.

NORMAS DE SEGURIDAD

9.º Si durante la inmersión, bien porque se realizan esfuerzos considerables o por cualquier otra razón, el buceador respira sofocadamente durante más de dos minutos, tomaremos como TME los de la tabla 3 reduciendo el tiempo en el fondo y teniéndolo en cuenta para LOS CÁLCULOS EN LAS INMERSIONES SUCESIVAS.

¿Qué ocurre con las inmersiones sucesivas?

La exposición a altas presiones parciales de oxígeno tiene un efecto acumulativo en lo que se refiere a la hiperoxia del Sistema Nervioso Central (SNC) por lo que al realizar varias inmersiones sucesivas los tiempos de tolerancia disminuyen.

La NOAA publicó una tabla teniendo en cuenta esto y estableciendo los tiempos máximos de exposición (totales) a lo largo de un día. Es decir, que según esta Tabla 4 si realizamos varias inmersiones a lo largo de un día con una Pp(O₂) de 1,4 atm la suma de los tiempos de inmersión no debería superar los 180 minutos.

Sin embargo, **el hecho de que podemos cambiar de Pp(O₂) de una inmersión a otra y de que el intervalo en superficie entre las inmersiones influya, limita la utilización de esta tabla y nos obliga a sustituirla por unos cálculos.**

Para valorar la relación que hay entre la exposición que tenemos al oxígeno en una inmersión sucesiva y el TME vamos a considerar tres fases: La primera inmersión, el intervalo en superficie y la segunda inmersión.

EN CONDICIONES ESPECIALES	
Pp (O ₂) atm	TME min. - hh:mm
1,6	30 - 00:30
1,5	40 - 00:40
1,4	50 - 00:50
1,3	60 - 01:00
1,2	80 - 01:20
1,1	120 - 02:00
1,0	210 - 03:30

TABLA 3. TME para inmersiones en condiciones especiales

EXPOSICIÓN DURANTE 24 HORAS	
Pp (O ₂) atm	TME min. - hh:mm
1,6	150 - 02:30
1,5	180 - 03:00
1,4	180 - 03:00
1,3	210 - 03:30
1,2	240 - 04:00
1,1	270 - 04:30
1,0	300 - 05:00
0,9	360 - 06:00
0,8	450 - 07:30
0,7	570 - 09:30

TABLA 4. Para calcular los TME a lo largo de 24 horas utilizando EAN, según la NOAA.

Para entenderlo mejor vamos a suponer que el % del Tiempo Máximo de Exposición que hemos acumulado se representa por un “termómetro imaginario” (figura 4) que indica la cantidad de oxígeno que tenemos en la sangre unido a la hemoglobina. Está dividido en 100 grados y si subiese hasta el 100 indicaría que la hemoglobina se ha saturado al 100 % y que la presencia de más oxígeno en los tejidos y en la sangre produciría la intoxicación.

En primer lugar siempre tenemos que saber cuál es el % del TME a que hemos estado expuestos durante una inmersión.

O dicho de otra forma, hasta dónde va a subir el termómetro durante la primera inmersión.

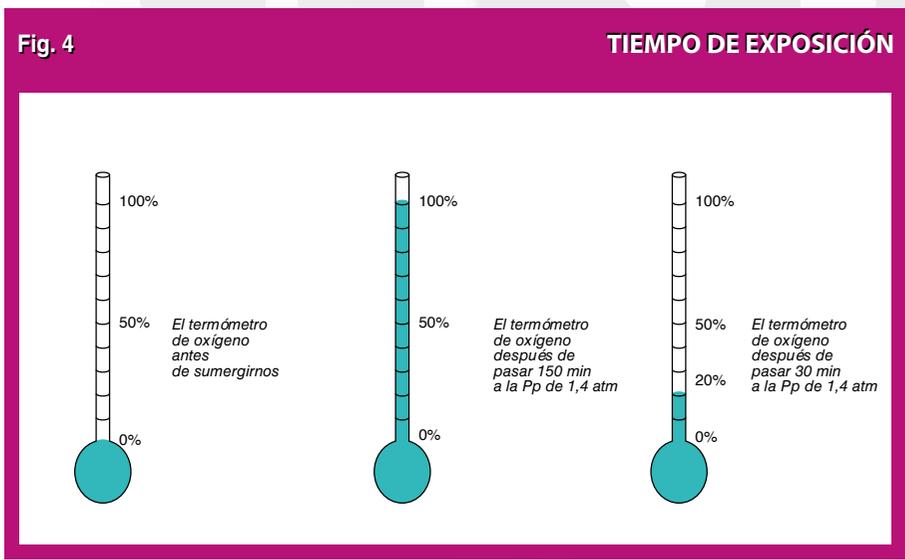


Fig. 4

TIEMPO DE EXPOSICIÓN

Para lo cual utilizamos dos datos: El tiempo t (tiempo en el fondo) de la inmersión y la Pp(O₂) máxima a la que hemos estado.

Sabiendo cual ha sido la Pp(O₂) máxima con la Tabla 1 encontramos el TME para una inmersión única.

Entonces el % de TME = (t/TME) x 100.

Así, por ejemplo, si hemos permanecido en una inmersión 30 minutos (t) con una Pp(O₂) = 1,4 atm (según la tabla 1 le corresponden 150 minutos de TME)

El % de TME sería = (30/150) x 100 = 20 % (Figura 4)

También podríamos calcularlo utilizando la Tabla 5.

Para conocerlo entramos en la Tabla 5 siguiendo la fila correspondiente a la Pp(O₂) máxima a la que hemos estado y deteniendonos en la columna encabezada por el tiempo que hemos permanecido en la inmersión (**si no está el tiempo exacto se toma el superior**) esa casilla indicará el % del TME de la inmersión (los cálculos se han redondeado a 0 cifras decimales).

Por ejemplo, si la primera inmersión se ha realizado con una Pp(O₂) máxima de 1,4 atm y un tiempo en el fondo de 40 minutos habríamos salido con una exposición del 27 % del TME.

Pero si el tiempo hubiese sido de 42 minutos habríamos salido con una exposición del 30 % del TME.

En esta Tabla 5 los tiempos de inmersión (primera fila) van desde 5 a 95

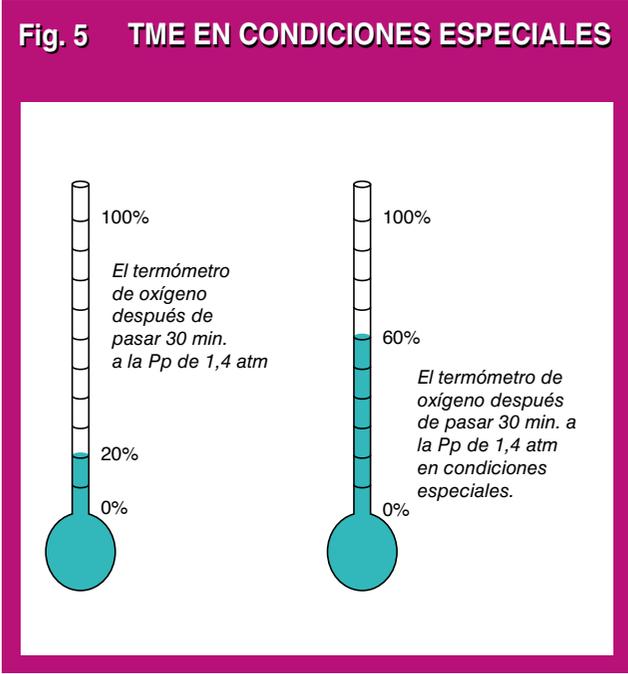
		Tiempo en el fondo de la inmersión																		
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Presión parcial de O ₂	1,6	11	22	33	44	56	67	78	89	100										
	1,5	4	8	13	17	21	25	29	33	38	42	46	50	54	58	63	67	71	75	79
	1,4	3	7	10	13	17	20	23	27	30	33	37	40	43	47	50	53	57	60	63
	1,3	3	6	8	11	14	17	19	22	25	28	31	33	36	39	42	44	47	50	53
	1,2	2	5	7	10	12	14	17	19	21	24	26	29	31	33	36	38	40	43	45
	1,1	2	4	6	8	10	13	15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	38	40
	1	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	27	28	30	32
	0,9	1	3	4	6	7	8	10	11	13	14	15	17	18	19	21	22	24	25	26
	0,8	1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21
	0,7	1	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	13	14	15	16	17
	0,6	1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10	10	11	12	13	13

% del TME expuestos

minutos que es un rango de tiempo suficientemente amplio para una inmersión de tipo recreativo.

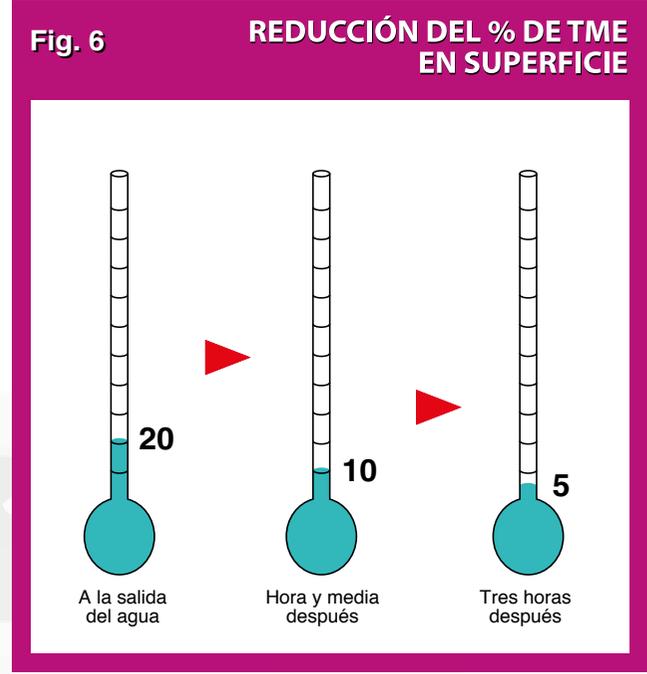
Los datos correspondientes a Pp(O₂) de 1,5 y 1,6 sólo deben utilizarse en situaciones excepcionales y que no se hayan provocado voluntariamente. Recordemos la norma de seguridad de no superar la Pp(O₂) máxima de 1,4 atm.

Incluso en ese caso, hay que tener en cuenta que en la fila de la Pp de 1,6 atm hay datos que superan el 80 % del TME lo cual supondría no cumplir otra norma más de seguridad.



Esta tabla no tiene en cuenta los Tiempos Máximos de Exposición para inmersiones en condiciones especiales (Tabla 3) para cada Pp(O₂), aconsejados por la US Navy (1981) para una inmersión única. Por lo que en ese caso se deberán realizar los cálculos mediante operaciones matemáticas.

Por ejemplo, si durante una inmersión en que la Pp(O₂) máxima es de 1,4 atm ocurren esas circunstancias sólo podríamos permanecer 50 minutos, si permanecemos 42 minutos entonces el % de TME sería = $(30/50) \times 100 = 60\%$ (figura 5)



En segundo lugar tenemos que saber como disminuye el % del TME en la superficie a lo largo del tiempo.

En la superficie, con una presión absoluta menor, el oxígeno tenderá a pasar al aire de los alveolos disminuyendo la saturación de la hemoglobina y su concentración en el plasma sanguíneo.

Por tanto, con el tiempo la situación será comparable con exposiciones de tiempo menores. Según el intervalo de tiempo en superficie podríamos valorar a qué % del TME equivale esa situación y considerar el comienzo

de la nueva inmersión como si ya nos hubiéramos expuesto ese % del TME (algo parecido al cálculo del nitrógeno residual).

Resumiendo, con los datos del % del TME de la inmersión anterior y el intervalo de tiempo en superficie (IS) tenemos que calcular el % equivalente del TME con el que entraríamos en la segunda.

Este cálculo no es sencillo y **una buena aproximación al resultado consiste en ir reduciendo cada 90 minutos el % del TME a la mitad.**

Por ejemplo, hemos salido con un 20 % del TME y nos sumergimos a las 4 horas. Como han pasado dos intervalos de 90 minutos el % del TME se habrá reducido a 10 y luego al 5 % (figura 6).

La forma de eliminar el oxígeno en superficie no es directamente proporcional al tiempo y la regla que seguimos de reducir el % del TME a la mitad cada 90 minutos es una aproximación, por tanto, **no debemos extrapolar los % de TME a otros tiempos** (por ejemplo no debemos considerar una reducción del 25 % a los 45 minutos...)

Y en tercer lugar, tenemos que saber cuál es el % del TME a que nos vamos a exponer durante la segunda inmersión.

Porque vamos a calcular el % TOTAL del TME como la suma del % del TME con que entramos en la segunda inmersión más el % del TME a que nos exponemos en ella.

El cálculo del % del TME al que nos exponemos durante la segunda inmersión lo haremos exactamente igual a como lo hicimos en la primera inmersión, con las previsiones del tiempo en el fondo y de la Pp(O₂) máxima, utilizando la Tabla 5 si no queremos hacer operaciones.

En nuestro ejemplo llegamos con un 5 % del TME después del intervalo en superficie y en la siguiente inmersión estamos a la Pp(O₂) de 1,3 atm 36 minutos (de los 180 máximos). O sea, un 20 %. Luego acabamos con un 25 % del TME.

Aunque utilicemos dos veces la Tabla 4, lo hacemos en cada caso con los datos respectivos de cada inmersión. La ventaja de este método consiste en que podemos cambiar de Pp(O₂) en cada inmersión.

Lógicamente el % TOTAL del TME obtenido tiene que estar dentro de unos márgenes para que evitemos el HAP y por eso tenemos que cumplir unas normas de seguridad.

Para evitar sorpresas es necesario realizar una planificación de la segunda inmersión, sobre todo si se sospecha que durante su realización podemos encontrarnos con las “condiciones especiales” de esfuerzo, estrés o frío que ya hemos comentado y que reducen sensiblemente los TME.

Podríamos empezar de nuevo los cálculos para una tercera inmersión siempre y cuando los resultados no superen los valores del % del TME para exposiciones durante 24 horas que recomienda la NOAA.

En el caso de que superemos el 80 % del TME de manera fortuita al final de una inmersión para asegurarnos que la eliminación de oxígeno se produce eficazmente tenemos que dejar transcurrir más tiempo hasta la siguiente inmersión, por lo menos 18 horas para comenzar con un 0% de TME.

NORMAS DE SEGURIDAD

- 10.º El % del TME TOTAL, es decir, la suma del de la segunda inmersión más el % del TME con que hemos entrado en ella NUNCA deben superar el 80 %
- 11.º En el caso de que el % del TME TOTAL supere ese 80 % se deben dejar pasar más de 18 horas para realizar otra inmersión.

NITROX Y NARCOSIS

VAMOS A CONOCER

1. *Qué es la narcosis.*
2. *Cómo se produce.*
3. *Quién la produce.*
4. *La Profundidad Equivalente de Narcosis.*

La Narcosis, unos síntomas no tan evidentes

Todos hemos visto descritos los síntomas de la Narcosis de las profundidades, de una forma más o menos jocosa, como si el buceador que la sufre se encontrara en un estado de embriaguez.

Sin embargo, tenemos que insistir en la descripción de un grado de narcosis en el que no existen esos síntomas tan evidentes de “embriaguez” pero en el que se produce un “embotamiento” del buceador.

Ese embotamiento consiste en la disminución de la agudeza y eficacia de sus sentidos, afectando también a la inteligencia y la voluntad. Pierde la capacidad de concentrarse en varias tareas, en tomar decisiones, etc. Y si por alguna razón crece en él la angustia (temores, inseguridad, etc.) es muy probable que no pueda evitar el pánico.

Este grado de narcosis es difícil reconocerlo por el compañero ya que no hay unos signos exteriores evidentes y es necesario que el propio afectado sea quien se de cuenta.

Además, no sólo es peligroso en sí mismo, sino su posible evolución a situaciones en las que el buceador pierda el control sobre su comportamiento y su seguridad.

El riesgo de narcosis para buceadores poco acostumbrados a las inmersiones profundas oscila entre los 45 y 55 metros, aunque respirando aire comprimido los síntomas pueden aparecer para personas muy propensas a la narcosis a los 35 m. Por eso es conveniente vigilar la “agudeza” de nuestras sensaciones a partir de los 30 m de profundidad en inmersiones con aire.

¿Quién es el culpable?

Según la teoría de Meyer-Overton es algo que está produciendo interferencias en la comunicación entre las neuronas del buceador. Algo que interfiere la transmisión de los impulsos nerviosos entre las neuronas, que ocupa los espacios sinápticos entre las conexiones neuronales. Y ese algo no es otra cosa que las moléculas gaseosas que están allí disueltas. Además, el efecto narcótico de un gas depende de su

tamaño molecular y de la solubilidad del mismo en las grasas. Por eso, el nitrógeno, el Xenón, el Kriptón y el Argón son gases muy narcóticos, mientras que el Hidrógeno, el Neón y el Helio son gases poco narcóticos.

Pero, las moléculas... ¿de quién?, ¿del oxígeno, del nitrógeno, o del dióxido de carbono?...

Cualquiera de ellos podría ser el culpable, sólo es necesario que se encuentre abundantemente (que tenga una Pp alta para que esté disuelto) y que sus moléculas sean voluminosas.

Por estas razones el más sospechoso es el nitrógeno que siempre está más disuelto (por mayor concentración y porque es inerte) pero hay autores que no eximen de responsabilidad al resto de los gases disueltos, incluso al oxígeno. Podríamos decir que los consideran cómplices en la medida en que sus moléculas sean grandes y se encuentren también allí disueltas.

¿Qué diferencia hay entonces usando Nitrox?

Suponiendo, primero, que por las razones antes expuestas el principal sospechoso es el nitrógeno y, segundo, que al aumentar en la mezcla de EANx la proporción de oxígeno no aumenta considerablemente su poder narcótico, podemos concluir que el Nitrox es menos narcótico que el aire.

Conclusión que está abalada por la experiencia de todos estos años en que se ha utilizado el EANx.

Para un buceador que a los 35 m respirando aire sintiese los síntomas de la narcosis, estos deberían desaparecer si empezase a respirar, por

ejemplo, con EAN31. Ya que, si con aire a 35 m estaría respirando con una Pp (N2) igual a $4,5 \times 0,79 = 3,55$ atm con el EAN31 lo estaría haciendo con una Pp (N2) igual a $4,5 \times 0,69 = 3,10$ atm que es menor.

Para volver a sentir los síntomas de la narcosis respirando EAN31 tendría que descender a una profundidad en que la presión parcial de nitrógeno fuese 3,55 atm Utilizando la regla del triángulo, tendríamos:

$$P = 3,55/0,69 = 5,14 \text{ atm que equivale a una profundidad de } 41,4 \text{ m.}$$

Estos 41,4 m es lo que se llama precisamente la PEN, profundidad equivalente de narcosis.

Como tienes que utilizar el Nitrox a una profundidad igual o menor que la máxima que te permite tu titulación de buceador, se supone que conoces tu límite de narcosis en ese entorno cómo reconocerla y cómo afrontarla.

La utilización de EANx, como hemos visto, no va a empeorar la situación sino a mejorarla. Por todas estas razones sólo es necesario recordarte que como la narcosis depende de muchos factores todas las precauciones son oportunas.

NORMAS DE SEGURIDAD

- 12.º** Un buen estado de salud, el descanso y no haber realizado excesos 24 horas antes de la inmersión reducen el riesgo de narcosis.
- 13.º** A partir de los 30 metros debemos autoevaluar constantemente nuestro estado de narcosis.

CUESTIONES INTRODUCCIÓN - CAPÍTULO 1

Cuestión n.º 1

Marca con una X las afirmaciones que sean correctas.

- A.- EAN25 significa que la mezcla tiene un 25 % de nitrógeno
- B.- EAN25 significa que la mezcla tiene un 25 % de oxígeno
- C.- EAN25 significa que la mezcla tiene un 75 % de nitrógeno
- D.- El aire es EAN21

Cuestión n.º 2

La máxima concentración de oxígeno que debe tener la mezcla respiratoria para utilizar un regulador y una botella normal es del %.

Cuestión n.º 3

¿Cuál es la mayor profundidad que puede alcanzar un B-2E respirando Nitrox?

Marca con una X la contestación correcta.

- A.- 20 m
- B.- 30 m
- C.- 40 m
- D.- 50 m

Cuestión n.º 4

¿Cuál es el mayor porcentaje de oxígeno que puede llevar en la mezcla Nitrox un B-2E que ha realizado el curso de Nitrox Básico? Marca con una X la contestación correcta.

- A.- 20%
- B.- 30%
- C.- 40%
- D.- 50%

Cuestión n.º 5

¿Cuáles son las ventajas de utilizar Nitrox? Marca con una X las afirmaciones que sean correctas.

- A.- Disminuye el Tiempo Límite sin DECO
- B.- Disminuyen los tiempos de DECO
- C.- Disminuyen los efectos de la narcosis
- D.- Disminuye el tiempo de nitrógeno residual
- E.- Disminuye el riesgo de un accidente de descompresión
- F.- Disminuye el consumo
- G.- Disminuye el cansancio

Cuestión n.º 6

Respirando NITROX, ¿cuál de los gases que componen el aire es el que puede ser tóxico?

- A.- El oxígeno
- B.- El nitrógeno

Cuestión n.º 7

Marca con una X las afirmaciones que sean correctas.

- A.- El efecto Paul Bert es el síndrome de altas presiones (HAP)
- B.- El efecto Paul Bert es la hiperoxia del sistema nervioso central (SNC)
- C.- El efecto Paul Bert es la intoxicación crónica por oxígeno
- D.- El efecto Lorrain Smith es la intoxicación aguda por oxígeno

Cuestión n.º 8

Marca con una X las afirmaciones que sean correctas.

- A.- La intoxicación crónica por oxígeno (ICO) es casi improbable respirando EANx
- B.- Para sufrir la ICO con EAN40 a una Pp de 1,6 es necesario respirarlo más de 400 min..
- C.- La ICO puede aparecer en los casos de tratamiento con oxígeno normobárico
- D.- La ICO aparece cuando la Pp de oxígeno es superior a 0,5 atm

Cuestión n.º 9

Una botella tiene una presión de 120 atm y contiene una mezcla de 28% de oxígeno y 72 % de nitrógeno. Calcula la Pp de oxígeno y la del nitrógeno.

A.- Pp(O₂) = atm

B.- Pp(N₂) = atm

Cuestión n.º 10

Si respiramos de esa botella a 20 m de profundidad, calcula la Pp de oxígeno y la del nitrógeno respirados.

A.- Pp(O₂) = atm

B.- Pp(N₂) = atm

Cuestión n.º 11

Respirando aire, ¿a qué profundidad respiramos nitrógeno a una Pp de 2.37 atm?

Respuesta: m

Cuestión n.º 12

Respirando EAN36, ¿a qué profundidad respiramos nitrógeno a una Pp de 2.37 atm?

Respuesta: m

Cuestión n.º 13

¿Cuál es la Pp de oxígeno a esa profundidad?

Respuesta: atm

Cuestión n.º 14

¿Cuál debe ser la concentración de oxígeno X(O₂) en una mezcla para que a 30 m la Pp(O₂) sea de 1,6 atm?

Respuesta: %

Cuestión n.º 15

Enumera cinco tipos de síntomas primarios de la intoxicación por oxígeno:

1.-

2.-

3.-

4.-

5.-

Cuestión n.º 16

Enumera las tres fases de una crisis convulsiva motivada por la Hiperoxia de Altas Presiones (HAP-SNC):

1.-

2.-

3.-

Cuestión n.º 17

¿En qué momento no podemos subir a un buceador con una crisis convulsiva?

1.-

Cuestión n.º 18

Marca con una X las afirmaciones que sean correctas.

A.- NOAA son las siglas de National Oceanic and Atmospheric Administration

B.- Una mezcla Nitrox I corresponde a una mezcla EAN36

C.- Una mezcla Nitrox II corresponde a una mezcla EAN40

Cuestión n.º 19

Indica tres factores que influyen en la intoxicación aguda por oxígeno

- 1.-
- 2.-
- 3.-

Cuestión n.º 20

Calcular la POM para un EAN35.

Respuesta: m

Cuestión n.º 21

Si queremos bucear con una POM de 40 m, ¿qué EAN debemos utilizar?

Respuesta: EAN

Cuestión n.º 22

A.- ¿Cuál es el Tiempo de Máxima Exposición a 1,4 atm en condiciones especiales?

Respuesta: min

B.- ¿Cuál es el máximo tiempo que deberíamos permanecer? Respuesta: min

Cuestión n.º 23

¿Cuáles son esas condiciones especiales?

.....

.....

Cuestión n.º 24

Si permanecemos 20 minutos respirando oxígeno a 1,4 atm, ¿cual es el % del TME al que hemos estado expuestos?

Respuesta: %

Cuestión n.º 25

Si salimos de la primera inmersión con un 36 % del TME ¿cuánto % del TME nos queda?

A.- Después de una hora. Respuesta: %

B.- Después de dos horas. Respuesta: %

C.- Después de tres horas. Respuesta: %

Cuestión n.º 26

A.- Entramos en una segunda inmersión con un 20 % del TME ¿cuánto % del TME podemos permanecer, si vamos a respirar oxígeno durante la inmersión con una Pp de 1,4 atm?

Respuesta: % TME

B.- ¿Cuánto tiempo podríamos permanecer en esa inmersión?

Respuesta: min



CAPÍTULO 2

ELABORACIÓN DE LOS PLANES DE ASCENSO

Las ventajas del nitrox. Vamos a calcular los ascensos según la mezcla de nitrox que llevemos, ya sea con los ordenadores y tablas que habíamos utilizado hasta ahora como con los que están especialmente diseñados para tener en cuenta las mezclas

Introducción

Un buceador que se encuentre, por ejemplo, a 30 m de profundidad después de llevar allí 20 minutos tendrá una cantidad de nitrógeno disuelta en sus tejidos directamente proporcional a la concentración de nitrógeno que tenga la mezcla que está respirando.

Recordemos que la disolución del nitrógeno es directamente proporcional a la diferencia entre su presión parcial en el gas y su tensión en el tejido, y que la presión parcial lo es a su concentración en la mezcla respirada.

Entonces, la situación de ese buceador será diferente según esté respirando, por ejemplo, aire, EAN32 o EAN35, que como ya sabemos son mezclas con valores de la concentración de nitrógeno iguales a 0.79, 0.68 y 0.65 respectivamente.

Por consiguiente, en cada caso el plan de ascenso debería ser diferente respondiendo a la cantidad de nitrógeno disuelto en sus tejidos, o sea, cuando utilizamos Nitrox cada perfil de inmersión requiere un plan de ascenso diferente según sea la mezcla que estemos utilizando.

Cuando utilizábamos aire cada inmersión requería un sólo plan de ascenso, otra cosa es que para calcularlo existían diferentes medios: distintos modelos de tablas, de ordenadores, etc.

Pues bien, ahora no sólo tendremos distintos medios para obtenerlo, sino que esos medios se tendrán que ajustar en cada caso a la concentración de nitrógeno de nuestra mezcla.



No todos los ordenadores de buceo pueden calcular un plan de ascenso si la mezcla es Nitrox.

Para calcular los planes de ascenso utilizando EANx vamos a considerar tres formas de hacerlo:

- A.** Utilizando las tablas diseñadas para el buceo con aire y adaptándolas a cada EANx concreto.
- B.** Utilizando tablas, diseñadas especialmente para cada mezcla de EANx.
- C.** Utilizando un ordenador de buceo que se puede programar para cada mezcla de EANx.

Una última consideración para el alumno: los cálculos que se van a realizar a partir de ahora los seguiremos haciendo con la ley de Dalton (utilizando el triángulo) pero, ¡cuidado!, a partir de este momento sólo nos interesa el nitrógeno. Su concentración en la mezcla es el 100 % menos la concentración de oxígeno. En tanto por uno es la diferencia $1 - X(O_2)$. Así, por ejemplo, la concentración de nitrógeno en un EAN29 será $1 - 0,29 = 0,71$.

UTILIZACIÓN DE TABLAS DISEÑADAS PARA EL BUCEO CON AIRE

VAMOS A CONOCER

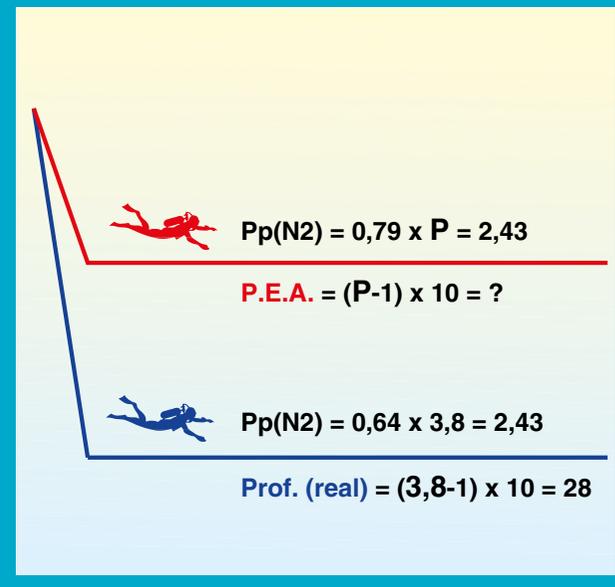
- 1) *Qué es la Profundidad Equivalente de Aire (PEA)*
- 2) *Cómo se calcula*
- 3) *Cómo se utilizan las tablas*
- 4) *Cómo incrementar la seguridad en las inmersiones de perfil cuadrado*

¿QUÉ TABLAS VAMOS A UTILIZAR?

Nos sirve cualquier modelo de tablas de las que se utilizan con aire. Nosotros vamos a utilizar las de la US Navy que son las que aparecen en las normás de seguridad para el buceo publicadas por el Ministerio de Fomento.

La única condición para usar estas tablas u otras de aire con mezclas nitrox (EANx) es entrar en ellas NO CON LA PROFUNDIDAD REAL sino con la PROFUNDIDAD EQUIVALENTE DE AIRE (PEA).

Fig. 7 CÁLULO PRESIÓN ABSOLUTA

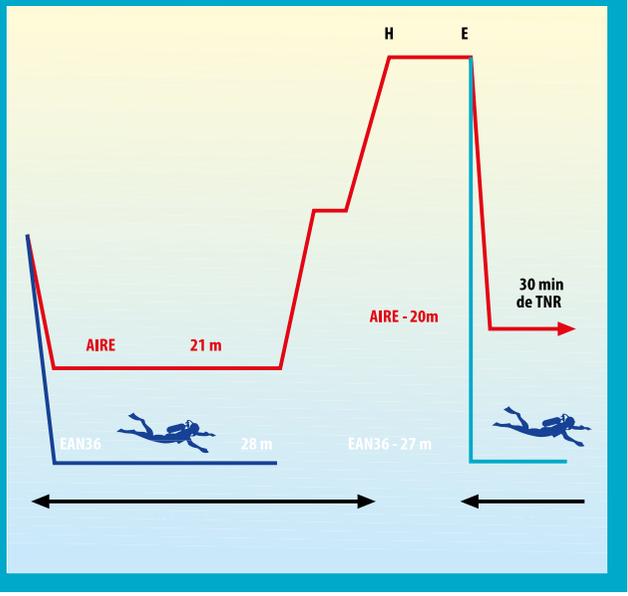


La PEA es la profundidad a la que respirando aire tendríamos la misma presión parcial de nitrógeno que respirando el EANx en el fondo (a la profundidad máxima que alcances). Por eso, la PEA siempre será menor que la profundidad máxima debido a que en el EANx la concentración de nitrógeno es menor.

Pero veamos un ejemplo (figura 8). Un buceador está respirando EAN36 a 28 m de profundidad (en la figura el buceador que está sobre la línea azul).

Fig. 8

UTILIZACIÓN DE LA PEA EN INMERSIONES SUCESIVAS



Este buceador se encuentra a una presión absoluta $P = 3,8$ atm. La concentración de nitrógeno por respirar EAN36 es $X(N_2) = 0,64$, y por tanto la $Pp(N_2) = 2,43$ atm.

Supongamos que otro buceador que respira aire (el que está sobre la línea roja) se encuentra en la profundidad equivalente (PEA), es decir, que tiene la misma $Pp(N_2) = 2,43$ atm que él que respira EANx.

Podemos calcular la presión absoluta P a la que se encuentra el buceador

que respira aire utilizando la ley de Dalton. Sustituyendo en ella la concentración de nitrógeno que tiene por respirar aire $X(N_2) = 0,79$ y la $Pp(N_2) = 2,43$ atm, despejamos la incógnita P (regla del triángulo) y obtenemos $P = 2,43/0,79 = 3,1$ atm.

Conocida la presión P a la que se encuentra el buceador que está en la PEA podemos calcular la profundidad equivalente como:

$$PEA = (P - 1) \times 10 = 21 \text{ m}$$

Por lo tanto, el buceador que está respirando EAN36 a 28 m podría utilizar las tablas de aire considerando que se encuentra a 21 m de profundidad. Y si llevase 40 minutos en el fondo, con la tabla III (entrando por 21 m, tiempo 40 min), no habría entrado en descompresión y si nos fijamos en la tabla I no habría superado ni siquiera la frontera de seguridad (le quedan 2 minutos), podría subir realizando la parada de seguridad de 3 min a 6 m.

Para que veamos la diferencia entre respirar el EAN36 o aire, hagamos el cálculo del plan de ascenso con la tabla III suponiendo que el buceador a los 28 m y durante 40 minutos respirase aire. El resultado (entrando a la tabla I con 30 m y 40 min) es que habría superado el tiempo límite 15 minutos y habría entrado en descompresión (una parada de 26 min a 6 m según la tabla III, entrando por 30m y 40 min).

Para inmersiones sucesivas también podemos utilizar este procedimiento, siempre y cuando en las tablas utilicemos las PEA de la primera y de la segunda inmersión. Sigamos con nuestro ejemplo y calculemos el tiempo que podemos estar en el fondo en una inmersión sucesiva a 27 m, entrando a las dos horas de salir de la primera inmersión, sin entrar en descompresión.

La PEA de la segunda inmersión para 27 m con EAN36 sería 20 m según la tabla de la página 23.

Con la PEA de la primera inmersión y el tiempo en el fondo, bien en la tabla III o en la tabla I (si no se entra en descompresión), obtenemos el plan de ascenso y la letra del Grupo de Nitrógeno Residual GR. En nuestro ejemplo, respirando EAN36 a 28 m durante 40 minutos, la PEA es 21 y saldríamos con el GR: I (tabla I).

Las tablas US NAVY que estamos utilizando son aplicables hasta una altitud de 300 m por encima del nivel del mar. Y no se han tenido en cuenta situaciones especiales como la mala condición física del buceador, esfuerzos, temperatura del agua, etc.

Recordemos que la PEA se puede calcular con la tabla de la página 23. En esa tabla, la PEA es el valor que se encuentra en cada casilla sobre la presión parcial bajo la concentración de oxígeno (columna) y a la altura de la profundidad real (fila).

Con el GR: I nos vamos a la primera fila de la tabla II, buscamos la letra I y descendemos por su columna hasta encontrar un intervalo de tiempo donde se encuentre nuestro IS de 2 horas. Encontramos el intervalo "1:45- 2:37" y avanzamos por esa fila hacia la derecha para obtener el GR al final del intervalo en superficie G.

Para encontrar el tiempo de nitrógeno residual TNR de la segunda inmersión utilizaríamos en la tabla II el GR obtenido de la tabla anterior (en nuestro caso el G) y la PEA de la segunda inmersión, 20 m. En la primera columna buscamos el GR G seguimos por esa fila hasta la

columna que está debajo de la profundidad de 18 m (en esta tabla como no hay 20 m nos quedamos en 18 m por defecto) y encontramos 40 min de TNR.

A 20 m de profundidad la FS es de 42 min y el TL de 48 min (Tabla I entrando con 21 m de profundidad) luego si llevamos 40 de TNR sólo podríamos permanecer $42 - 40 = 2$ min para no rebasar la FS o $48 - 40 = 8$ min para no superar el TL.

Bucear respirando una mezcla nitrox es como si lo hiciéramos con aire a menos profundidad (en la PEA) pero no debemos reducir las medidas de seguridad que en toda inmersión debemos tomar como ...

NORMAS DE SEGURIDAD

- 14°** La velocidad de ascenso no debe ser superior a 9 m/min.
- 15°** Para todas las inmersiones sin descompresión es preciso realizar una parada de seguridad de 3 min a 6 m.
- 16°** Para inmersiones con frío, un esfuerzo excesivo, etc. o la presencia de cualquier factor de riesgo que favorezca la ED se debe tomar el tiempo superior en las tablas. Si la inmersión es sin descompresión se reducirá en 5 minutos el Tiempo Límite.
- 17°** Deben evitarse, igual que en las inmersiones con aire, los perfiles de inmersión cuadrados y en diente de sierra.
- 18°** La PEA calculada siempre se redondea por exceso.

TABLAS DISEÑADAS PARA MEZCLAS NITROX

VAMOS A CONOCER

- 1) *Cómo se elaboran las tablas para EANx*
- 2) *Cómo se utilizan*
- 3) *Cómo se realizan las DESCOMPRESIONES con aire*

Cómo se elaboran las tablas para EANx

Las tablas que se utilizan para calcular los planes de ascenso cuando se respira EANx, las NNI y NNII de la NOAA o las Bühlmann para EAN32 y EAN36 no se han elaborado especialmente, por el contrario, **son el resultado de adaptar las tablas de aire a la concentración de nitrógeno de cada mezcla EANx** (en el caso de la NOAA la adaptación es de las tablas de la US Navy).

Cada adaptación da como resultado un juego de tablas para cada mezcla de EANx. En general, no se han hecho adaptaciones para todas las posibles mezclas de EANx. Las tablas más comunes son para el EAN32 y el EAN36 porque sin sobrepasar la Pp(O₂) de 1,4 atm esas mezclas permiten una POM de 34 y 29 m respectivamente, bajo las cuáles se desarrollan la mayoría de las inmersiones deportivas. Pero, cualquiera podría adaptar una tabla de aire a una mezcla concreta de EANx por el método de la PEA, así es como se han hecho todas las tablas para EANx.

Si observamos diferentes tablas que estén diseñadas para las inmersiones con aire observaremos que las profundidades de entrada son en todos los casos 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42 m... o bien 10, 12, 15,



Todas las tablas parecen idénticas pero al observarlas con detenimiento notamos las diferencias.

18, 22, 25, 28, 31, 34, 37, 40 m... La causa es que el sistema de medidas utilizado en EEUU es el Imperial, y su unidad de longitud es el pie (feet) que equivale a 0,3048 m por lo que 3 metros son aproximadamente 10 pies. En realidad, las tablas se han elaborado para las profundidades de 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120 pies... y al pasarlas a metros, como no es exacta la relación entre las unidades de un sistema y otro, es necesario un redondeo de las cifras decimales que según como se haga produce la primera serie de profundidades o la segunda.

TABLAS



TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE								
PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
9 m	371	1				0	1	Z
	380	1				5	6	Z
	420	1				22	23	Z
	480	1				42	43	
	540	1				71	72	
10,5 m	232	2				0	2	Z
	240	1				4	5	Z
	270	1				28	29	Z
	300	1				53	54	Z
	330	1				71	72	Z
330	1				88	89		
12 m	163	2				0	2	O
	170	1				6	8	O
	180	1				14	16	Z
	190	1				21	23	Z
	200	1				27	29	Z
	210	1				39	41	Z
	220	2				52	54	Z
	230	1				64	66	Z
240	1				75	77	Z	
13,5 m	125	2				0	2	N
	130	1				2	4	O
	140	1				14	16	O
	150	1				25	27	Z
	160	1				34	36	Z
	170	1				41	43	Z
	180	1				59	61	Z
190	1				75	77	Z	
15 m	92	2				0	2	M
	95	1				2	4	M
	100	1				4	6	N
	110	1				8	10	O
	120	1				21	23	O
	130	1				34	36	Z
	140	1				45	47	Z
	150	1				56	58	Z
160	1				78	80	Z	

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE								
PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
16,5 m	74	2				0	2	L
	75	1				1	3	L
	80	1				4	6	M
	90	1				10	12	N
	100	1				17	19	O
	110	1				34	36	O
	120	1				48	50	Z
	130	1				59	61	Z
140	1				84	86	Z	
18 m	60	2				0	2	K
	65	2				2	5	L
	70	2				7	10	L
	80	2				14	17	N
	90	2				23	26	O
	100	2				42	45	Z
110	2				57	60	Z	
120	2				75	78	Z	
21 m	48	3				0	3	K
	50	2				2	5	K
	55	2				9	12	L
	60	2				14	17	M
	70	2				24	27	N
	80	2				44	47	O
	90	2				64	67	Z
100	2				88	91	Z	
24 m	39	3				0	3	J
	40	2				1	4	J
	45	2				10	13	K
	50	2				17	20	M
	55	2				24	27	M
	60	2				30	33	N
	70	2				54	57	O
80	2				77	80	Z	

No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O₂ desde 9m

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
27 m	30	3				0	3	I
	35	3				4	8	J
	40	3				14	18	L
	45	3				23	27	M
	50	3				31	35	N
	55	3				39	43	O
	60	3				56	60	O
	70	3				83	87	Z
30 m	25	4				0	4	H
	30	3				3	7	J
	35	3				15	19	L
	40	3				26	30	M
	45	3				36	40	N
	50	3				47	51	O
	55	3				65	69	Z
	60	3				81	85	Z
33 m	20	4				0	4	H
	25	3				3	7	I
	30	3				14	18	K
	35	3				27	31	M
	40	3				39	43	N
	45	3				50	54	O
	50	3				71	75	Z
	36 m	15	4				0	4
20		3				2	6	H
25		3				8	12	J
30		3				24	28	L
35		3				38	42	N
40		3				51	55	O
45		3				72	76	Z
39 m		10	5				0	5
	15	4				1	6	G
	20	4				4	9	I
	25	4				17	22	K
	30	4				34	39	M
	35	4				49	54	N
	40	4			3	67	75	Z

TABLA III - INMERSIONES CON DESCOMPRESIÓN CON AIRE

PROFUNDIDAD EN METROS	TIEMPO EN EL FONDO (MIN)	TIEMPO HASTA 1ª PARADA	PARADAS DECO				TIEMPO TOTAL DE ASCENSO	GRUPO INMERSIÓN SUCESIVA
			15	12	9	6		
42 m	10	5				0	5	E
	15	4				2	7	H
	20	4				7	12	J
	25	4				26	31	L
	30	4				44	49	N
	35	4			4	59	68	O
45 m	5	5				0	5	C
	10	4				1	6	F
	15	4				3	8	H
	20	4				14	19	K
	25	4				35	40	M
	30	4			3	51	59	O
48 m	35	4			11	72	88	Z
	5	6				0	6	C
	10	5				1	7	F
	15	5				5	11	I
	20	5				22	28	L
	25	4			3	41	49	N
51 m	30	4			1	60	74	O
	5	6				0	6	D
	10	5				2	8	G
	15	5				7	13	J
	20	5			1	29	36	L
	25	4			1	46	58	N
54 m	5	6				0	6	D
	10	5				3	9	G
	15	5				11	17	J
	20	5			4	34	44	M
	25	5			4	54	71	O
	57 m	5	7				0	7
10		6				4	11	H
15		6				17	24	K
20		5			1	37	51	N
25		5	2		6	67	90	Z

No se incluyen tiempos de inmersiones excepcionales que requieren deco con aire hasta 12m y con O₂ desde 9m

TABLA VII		TIEMPOS LIMITE SIN DESCOMPRESION Y GRUPOS DE INMERSIÓN SUCESIVA PARA INMERSIONES EN AGUAS POCO PROFUNDAS															
Prof. Max. m	Lte. Sin min	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z
9	371	17	27	38	50	62	76	91	107	125	145	167	193	223	260	307	371
9,3	334	16	26	37	48	60	73	87	102	119	138	158	182	209	242	282	334
9,6	304	15	25	35	46	58	70	83	98	114	131	150	172	197	226	261	304
9,9	281	15	24	34	45	56	67	80	94	109	125	143	163	186	212	243	281
10,2	256	14	23	33	43	54	65	77	90	104	120	137	155	176	200	228	256
10,5	232	14	23	32	42	52	63	74	87	100	115	131	148	168	190	215	232
10,8	212	14	22	31	40	50	61	72	84	97	110	125	142	160	180	204	212
11,1	197	13	21	30	39	49	59	69	81	93	106	120	136	153	172	193	197
11,4	184	13	21	29	38	47	57	67	78	90	102	116	131	147	164	184	
11,7	173	12	20	28	37	46	55	65	76	87	99	112	126	141	157	173	
12	163	12	20	27	36	44	53	63	73	84	95	108	121	135	151	163	
12,3	155	12	19	27	35	43	52	61	71	81	92	104	117	130	145	155	
12,6	147	11	19	26	34	42	50	59	69	79	89	101	113	126	140	147	
12,9	140	11	18	25	33	41	49	58	67	76	87	98	109	122	135	140	
13,2	134	11	18	25	32	40	48	56	65	74	84	95	106	118	130	134	
13,5	125	11	17	24	31	39	46	55	63	72	82	92	102	114	125		
13,8	116	10	17	23	30	38	45	53	61	70	79	89	99	110	116		
14,1	109	10	16	23	30	37	44	52	60	68	77	87	97	107	109		
14,4	102	10	16	22	29	36	43	51	58	67	75	84	94	102			
14,7	97	10	16	22	28	35	42	49	57	65	73	82	91	97			
15	92	9	15	21	28	34	41	48	56	63	71	80	89	92			

TABLA II - INTERVALO EN SUPERFICIE

GRUPO AL FINAL DEL INTERVALO EN SUPERFICIE

GRUPO DE INMERSIÓN SUCESIVA AL INICIO DEL INTERVALO EN SUPERFICIE

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	Z	
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼
															0:10 0:52	Z▶
														0:10 0:52	0:53 1:44	O▶
													0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	N▶
												0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	M▶
											0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	L▶
										0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	K▶
									0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	J▶
								0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	I▶
							0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	7:50 8:42	H▶
					0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	7:50 8:42	8:43 9:34	9:35 10:27	G▶
				0:10 0:52	0:53 1:44	1:45 2:37	2:38 3:29	3:30 4:21	4:22 5:13	5:14 6:06	6:07 6:58	7:50 8:42	8:43 9:34	9:35 10:27	10:28 11:18	F▶
		0:10 0:55	0:53 1:47	1:45 2:39	2:38 3:31	3:30 4:23	4:22 5:16	5:14 6:08	6:07 7:00	7:51 8:44	8:43 9:37	9:35 10:29	10:28 11:21	11:20 12:13	12:14 13:30	E▶
	0:10 1:16	0:56 2:11	1:48 3:03	2:40 3:55	3:32 4:48	4:24 5:40	5:17 6:32	6:09 7:24	7:01 8:16	7:53 9:09	8:45 10:01	9:38 10:53	10:30 11:45	11:22 12:37	12:14 13:30	D▶
0:10 2:20	1:17 3:36	2:12 4:31	3:04 5:23	3:56 6:15	4:49 7:08	5:41 8:00	6:33 8:52	7:25 9:44	8:17 10:36	9:10 11:29	10:02 12:21	10:54 13:13	11:46 14:05	12:38 14:58	13:31 15:50	C▶
																B▶
																A▶



A la hora de adaptar las tablas de aire a una mezcla concreta de EANx se pueden seguir dos caminos.

18	60			0	2	K
	70			7	10	L
	80			14	17	N
	100			42	45	Z
	120			75	78	Z

Para ilustrar el primero cojamos la tabla de la US Navy y tomemos una profundidad cualquiera, por ejemplo 18 m (figura 9).

Para convertir la tabla anterior en la tabla para EAN 32 bastaría sustituir los datos de TF, paradas, etc. de 18 m por los de su PEA. ¿Qué profundidad es su PEA?... vamos a calcularla:

$P = 0,68 \times 2,8/0,79 = 2,41 \text{ atm}$ y, entonces $PEA = (P - 1) \times 10 = 14 \text{ m}$ aproximadamente, y como no encontramos 14 m tomamos los datos de 15 m y los ponemos como los de 18 m en la tabla E AN32.

Con este procedimiento (figura 10) se mantendrían los mismos tiempos de descompresión y cambiaría el número de la profundidad.

El otro procedimiento sería encontrar la profundidad que con EAN 32 tiene una PEA de 18 m.

Calculamos la presión absoluta haciendo coincidir las dos P_p $0,68 \times P = 0,79 \times 2,8$; obteniendo $P = 3,3 \text{ atm}$ aproximadamente, presión que se corresponde con una profundidad de 23 m. Es decir que con EAN32 la profundidad de 23 m tiene la PEA de 18 m entonces (figura 11) sustituimos la profundidad 18 por la 23.

Y de esta forma se elaboraría una tabla para EAN32 que no conservaría

los mismos números para las profundidades que la tabla con aire.

El primer procedimiento produce un margen mayor de seguridad, porque los redondeos y aproximaciones se hacen siempre por exceso. Así, las tablas de aire originales quedan mejoradas cuando éstas no son muy conservadoras. Pero, cuando sí lo son, las DESCOMPRESIONES se incrementan o los tiempos límite se reducen de forma innecesaria.

¿Podemos en una DESCOMPRESIÓN sustituir el nitrox con el que hemos elaborado el plan de ascenso por aire?

¡Claro que sí! Porque los planes de ascenso que establecemos son calculados por medio de las tablas para inmersiones con aire (adaptadas a las profundidades equivalentes de EANx).

Cuando calculamos la PEA y utilizamos las tablas de aire establecemos un plan de ascenso para una inmersión "equivalente" realizada con aire como mezcla de fondo y de descompresión.

Y cuando utilizamos las tablas específicas para EANx es igual. Ya hemos visto, también que se elaboran con el concepto de la PEA.

Sin embargo, realizar la descompresión con el EANx que hemos utilizado como mezcla de fondo es más seguro porque favorecemos, al tener menos nitrógeno la mezcla inspirada, su eliminación en los pulmones.

Además el oxígeno es extraordinariamente eficaz para eliminar la sobresaturación de nitrógeno en los tejidos. Esta es la razón por la que en buceo técnico se utilizan mezclas más oxigenadas en la descompresión, incluso oxígeno puro en la parada de 6 m, eso sí, tomando todas las precauciones posibles para evitar la HAP de la que hablamos en el capítulo anterior.

NORMAS DE SEGURIDAD

- 19°** Si el valor del % de O_2 de la mezcla se encuentra entre el valor de la tabla EAN de que disponemos y un 1% más, debemos calcular la POM con el valor exacto del % de O_2 de la mezcla. Luego, utilizaremos la tabla de EANx para el cálculo de la descompresión.
- 20°** Cuando el valor del % de O_2 de la mezcla se encuentra entre el valor de la tabla EAN de que disponemos y un 1% menos hay que calcular la POM con el valor exacto del % de O_2 de la mezcla y tomar una profundidad máxima igual a la real más 1 m cuando trabajemos con la tabla de EANx.
- 21°** Independientemente de las tablas que se utilicen y de las profundidades que aparezcan en ellas, la profundidad máxima de la inmersión nunca será superior a la POM.



No olvidemos que durante todo el ascenso debemos mantener una velocidad de 9 m/min.



ORDENADORES DE BUCEO NITROX

VAMOS A CONOCER

- 1) *Qué puede aportarnos un ordenador de buceo*
- 2) *Qué funciones debe tener*
- 3) *Cómo utilizar los que están diseñados solo para inmersiones con aire*

Las ventajas de bucear con un ordenador para Nitrox

Hemos visto a lo largo de estos dos capítulos cómo las inmersiones con EANx requieren unos cálculos especiales de los planes de ascenso (adaptándonos al % de N₂ de la mezcla y vigilando,

tanto los tiempos como las profundidades, para evitar los graves efectos producidos por un elevado % de O₂).

Pues bien, bucear con un ordenador en este caso, además de las ventajas que ya conocemos, puede ahorrarnos esos cálculos y contribuir a esa vigilancia.

El ordenador que se utilice para bucear con Nitrox, no sólo debe adaptar sus cálculos de descompresión a la mezcla que llevamos (por tanto, tiene que ser programable), sino que tiene que avisarnos cuando la Pp(O₂) alcance valores no

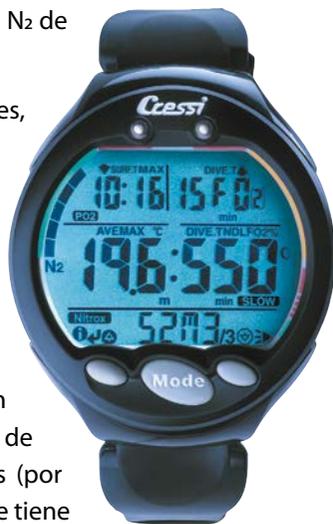


Figura 14

deseados y también cuando el % del TME sea excesivo.

Las funciones que debe tener un ordenador Nitrox

Vamos a dividirlos en imprescindibles y aconsejables porque no todos los ordenadores que se anuncian como ordenadores para buceo con Nitrox tienen las mismas funciones y tenemos que saber cuáles son los más apropiados.

Son funciones imprescindibles (figura 15):

- 1º Poder programar el ordenador con el porcentaje de oxígeno que tiene el EANx entre los valores 21 y 40 %, de una en una unidad. (Algunos sólo admiten las mezclas estándar de 32 y 36, otros no permiten afinar a la unidad los valores de concentración).
- 2º Que incorpore una alarma que nos avise cuando superemos la Pp de oxígeno de 1,4 atm.
- 3º Indicar el % del TME al que nos encontramos y disponer de una alarma que nos advierta cuando dicho TME sea excesivo (denominado



Figura 15,1



Figura 15-2



Figura 15,3

en algunos como OLF (Oxigen Limit Fraction) o CNS (por sistema nervioso central).

Son funciones aconsejables:

- 4º Poder programar los valores máximos admisibles de la Pp(O₂) entre 1 y 1,6 atm, por si queremos bucear con mayor margen de seguridad o realizar DESCOMPRESIONES con mezclas de mayor % de O₂.
- 5º Disponer de otra alarma más de profundidad para vigilar una POM que no sea la nuestra sino la del equipo de buceadores que realiza la inmersión.

¿Qué podemos hacer si nuestro ordenador no tiene función Nitrox?

Podemos realizar la inmersión, SIN REBASAR LA POM en ningún momento, estableciendo con el ordenador el Tiempo Límite o las paradas de descompresión. Evidentemente el plan de ascenso será mucho más conservador. Lo que perdemos en eficacia, lo ganamos en seguridad.

Cuando se realizan varias inmersiones diarias a lo largo de un tiempo, como es el caso de los guías en los centros de buceo, de los instructores en los cursos o de cualquier buceador en los cruceros de buceo, esa seguridad que se gana es mucho más importante y este método es muy recomendable.

Si el relieve del fondo permite realizar un perfil de inmersión con un descenso directo a la profundidad máxima y un ascenso lento, por pisos, utilizando las tablas para EANx, tendríamos limitado el tiempo en el fondo ya que entraríamos en ellas con la profundidad máxima. En este caso, realizando la inmersión a lo largo de ese ascenso escalonado, es

posible que el ordenador de aire nos permita permanecer más tiempo en inmersión que las tablas, lo cual nos confiere un mayor margen de seguridad.

Si realizamos una inmersión siguiendo las indicaciones de un ordenador con "función Nitrox", mientras que otro buceador lleva uno para aire, puede ocurrir que salten las alarmas de este último, incluso que aparezcan mensajes de error. Para evitarlo, algunos ordenadores permiten ser usados opcionalmente sólo como profundímetros. En todo caso, debemos leer cuidadosamente las instrucciones del ordenador para saber las consecuencias que puede tener en su funcionamiento situaciones como esa.

Lo que nunca se debe hacer es establecer un plan de ascenso para una determinada mezcla de EANx adaptando bajo el agua el plan de ascenso que proporciona un ordenador de aire, es casi imposible y muy arriesgado.

CUESTIONES CAPÍTULO 2

Cuestión n.º 1

Calcula la PEA para 30 m en los siguientes casos:

- A.- Con EAN₂₆
- B.- Con EAN₃₀
- C.- Con EAN₃₆
- D.- Con EAN₄₀

Cuestión n.º 2

Calcula el tiempo límite a esa profundidad con cada mezcla.

- A.- Con EAN₂₆
- B.- Con EAN₃₀
- C.- Con EAN₃₆
- D.- Con EAN₄₀

Cuestión n.º 3

Si a esa profundidad el tiempo en el fondo fuera de 40 minutos indica la DECO que habría que realizar.

- A.- Con EAN₂₆
- B.- Con EAN₃₀
- C.- Con EAN₃₆
- D.- Con EAN₄₀

Cuestión n.º 4

Si a esa profundidad el tiempo en el fondo fuera de 40 minutos indica la DECO que habría que realizar utilizando aire durante la inmersión.

Cuestión n.º 5

Calcula la DECO de la inmersión anterior (30m / 40 min) utilizando EAN32

Cuestión n.º 6

Calcula el % del TME previsto para esa inmersión.

Respuesta: m

Cuestión n.º 7

¿Habremos superado la POM?

Respuesta: m

Cuestión n.º 8

Si llegáramos (en el caso anterior) a la primera parada agotando la mezcla de fondo y allí sólo hubiera una botella con aire ¿qué DECO realizaríamos?

Cuestión n.º 9

¿Qué DECO realizaríamos en la inmersión anterior si la mezcla al analizarla fuese un EAN31,5?

Cuestión n.º 10

Después de realizar la inmersión anterior (con el EAN31,5 y las tablas del EAN32) permanecemos 60 minutos en la superficie y nos volvemos a sumergir con EAN 36 a 28 m. ¿Cuál sería el tiempo de nitrógeno residual?

Cuestión n.º 11

Queremos realizar una inmersión a 32 m con un tiempo en el fondo de 40 minutos y con un intervalo de 3 horas volver a sumergirnos a 28 metros permaneciendo allí el máximo tiempo sin entrar en descompresión:

- A. Calcular, con las tablas de la US Navy, si utilizáramos aire, la descompresión que deberíamos realizar en la primera inmersión y el tiempo que podríamos permanecer en la segunda.
- B. Calcular, con las tablas de la US Navy para aire, si utilizáramos EAN32 en la primera y EAN36 en la segunda, la descompresión que deberíamos realizar en la primera inmersión y el tiempo que podríamos permanecer en la segunda.



CAPÍTULO 3

NORMAS DE SEGURIDAD PARA EL MANEJO DEL AIRE ENRIQUECIDO CON OXÍGENO

El nitrox en la práctica. Qué equipos tenemos que utilizar, cómo analizar las mezclas y planificar la inmersión. Todo lo necesario para realizar una inmersión con nitrox y para registrarla en nuestro libro de inmersiones.

LOS EQUIPOS DE BUCEO Y EL EANx

VAMOS A CONOCER

- 1) **Qué significa que un equipo está en “servicio de oxígeno”**
- 2) **Cuándo deben estar en servicio de oxígeno los equipos de buceo**
- 3) **Los indicativos del EANx en el equipo del buceador**

El peligro de la manipulación del oxígeno

El oxígeno, en altas concentraciones, produce al ponerse en contacto con algunas sustancias una combustión espontánea o una explosión que puede llegar a tener graves consecuencias.

En general las circunstancias que favorecen la explosividad del oxígeno son: la temperatura y la presión a la que se encuentre. Con el oxígeno del aire atmosférico no encontramos peligro porque su concentración es baja y la presión es de 1 atm. Sin embargo, y como ejemplo, en el interior de una Cámara Hiperbárica podemos encontrar mayores concentraciones de O_2 en el ambiente, cuando éste se utiliza para el tratamiento de pacientes. Como la presión dentro de la cámara es superior a 1 atm, es importante vigilar que el aumento de la concentración de O_2 no supere el 25 %.

En la escafandra del equipo de buceo autónomo (botella, grifo y regulador) la presión de la mezcla llega a las 200 atm y para que no se produzcan combustiones espontáneas o explosiones es necesario que la concentración de O_2 sea igual o menor del 40 %.



Figura 14. Sistema DNAX, uno de los procedimientos para obtener EANx.

Ahora bien, si queremos trabajar en un ambiente con presión alta y sin preocuparnos por la concentración de O₂, debemos eliminar la otra fuente del conflicto: las sustancias que reaccionan con el oxígeno provocando las peligrosas explosiones.

Estas sustancias pueden formar parte de los materiales (asientos de teflón, membranas de silicona, juntas de neopreno,...) que componen los equipos: Botellas, reguladores, manómetros, transvasadores, mangueras, compresores, etc. y que en ese caso los hacen incompatibles con la utilización de O₂ a más del 40 %.

Pero, también pueden estar alojados en ellos como parte de la suciedad (grasas, disolventes, pinturas, limaduras metálicas, polvo de óxidos metálicos,...).

Por eso, para poder utilizar un equipo con una concentración de O₂ superior al 40% decimos que tiene que estar en SERVICIO DE OXÍGENO, lo cual significa que los materiales que lo componen son compatibles con el oxígeno y, además, se encuentra limpio de aquella suciedad.

Para seguir los procedimientos de limpieza adecuados y comprobar que todos los materiales son compatibles con el O₂, se pueden seguir diversos tratados como los manuales de la US Navy y de la NOAA.

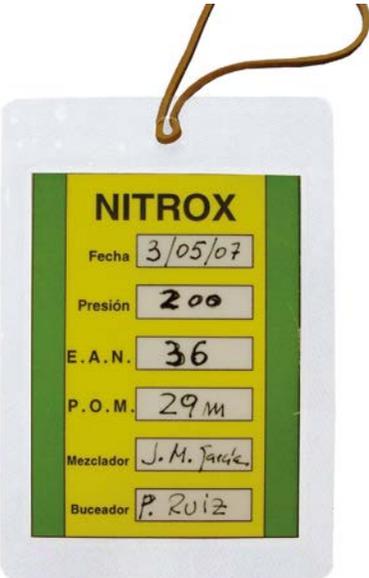


Figura 16



Figura 17.- Banda y etiqueta en la botella.

NORMAS DE SEGURIDAD

- 22°** Cuando una mezcla de gases contiene más del 40 % de oxígeno, el equipo utilizado con ella (botellas, reguladores, mangueras, grifos, transvasadores, medidores y juntas), ha de estar en SERVICIO DE OXÍGENO.
- 23°** Las botellas de los equipos convencionales para buceo con aire enriquecido no deben contener una concentración de oxígeno superior al 40 %.

Nuestro equipo sólo se va a diferenciar por el marcado de la botella

Para el buceo deportivo con Nitrox, podremos seguir utilizando el mismo equipo que hemos usado hasta ahora (cuando la mezcla era aire comprimido), ya que no vamos a tener dentro de la botella un porcentaje de oxígeno superior al que tiene el EAN40.

Pero la botella tiene que estar marcada porque no puede ser utilizada a las mismas profundidades que otra cargada con aire comprimido. Confundirlas podría provocar un accidente de graves consecuencias.

Para reconocer que contiene EANx se dispone una banda alrededor de la botella de color verde de unos 10 cm donde se lee la palabra: Nitrox (Figura 17). También se puede marcar la botella, pintando en color verde la ojiva.

Además, debe llevar una etiqueta (Figura 16) con la fecha, la presión de la botella, el tipo de EANx que contiene (28,32,36 ...), la Profundidad Operativa Máxima (POM) que tiene, el nombre o las iniciales del mezclador y el nombre o las iniciales del buceador que va a usarla.

Esta etiqueta debe ser rellenada por el buceador que va a utilizarla inmediatamente después de analizar su contenido.

Tan importante como que no se confunda la botella que contiene EANx con otra que contiene aire, es que no se confundan las botellas que tienen EANx entre sí. Cada botella tiene una proporción de O₂ que puede ser igual o no al resto y que condiciona la POM del buceador que la lleva. **Analizar la mezcla que va a respirar es una responsabilidad ineludible del usuario.**

Para evitar confusiones, es conveniente que la botella esté marcada con un número y, antes de montar el chaleco hidrostático, comprobar (leyendo la etiqueta) que vamos a utilizar aquella que hemos analizado (figura 18).

ANÁLISIS DE LAS MEZCLAS DE EAN_x

VAMOS A CONOCER

- 1) **Procedimiento de medida**
- 2) **Cómo son los analizadores de oxígeno**
- 3) **Utilización de los analizadores**

Cuando recojamos la botella hay que realizar el análisis

Siempre que recojamos la botella de EANx en el centro de carga es indispensable que analicemos **personalmente** su concentración de O₂.

Por diferentes motivos, puede ocurrir que no contenga el EANx esperado y por eso debemos comprobarlo.



Figura 18.
Otro procedimiento para marcar la botella.

Una vez realizada la medición, contrastaremos nuestro resultado con el del mezclador y entonces:

- a) Si la medida coincide, o la diferencia es inferior a un 1 %, anotamos los datos de la botella y firmamos en el libro de registro existente.
- b) Si la medida no coincide y la diferencia es mayor de un 1 %, es necesario que el mezclador y el usuario vuelvan a analizar la mezcla, uno junto al otro, hasta que coincidan o descubran cual es el error en el procedimiento de medida que provoca resultados diferentes.

Cualquier mezcla puede ser utilizada con el método de la PEA pero también hemos visto que para cada profundidad existe una mezcla más apropiada. Cuando solicitemos en el centro de carga la botella tenemos que saber cuáles son nuestras necesidades.

Los analizadores de oxígeno u "Oxímetros"

Estos instrumentos cuentan con dos elementos principales que pueden estar separados y conectados por un cable o juntos dentro de la misma caja.

El primer elemento es el sensor (A, en la Figura 19) que normalmente es de tipo galvánico: Consiste en una cápsula sellada donde hay una estructura similar a la de una pila, formada por un cátodo que se pondrá en contacto con el gas que se quiere analizar, y un ánodo sumergido en una disolución electrolítica de hidróxido de potasio. Cuando el oxígeno se difunde a través de la membrana (y lo hace proporcionalmente a su presión parcial), provoca una aceleración de la reacción electrolítica y en consecuencia, la aparición de una corriente eléctrica. Esta corriente se transmite mediante un cable al segundo elemento.



Figura 19. Las proporciones en las mezclas no salen siempre exactas. Elementos del Oxímetro: A Sensor, B Interpretador, C captador .



Figura 20. Otro tipo de oxímetro. Este tiene todos los elementos integrados en el cuerpo cilíndrico. La varilla se utiliza para actuar sobre el tornillo de calibración

Este segundo elemento, el interpretador (B, en la Figura 19), está compuesto por una caja con los circuitos impresos que interpretan la corriente de llegada y que la traducen en una señal que se expresa a través de una pantalla.

El sensor se "desgasta" y por eso es necesario CALIBRAR SIEMPRE EL APARATO ANTES DE USARLO.

Puede existir un tercer elemento, el captador (C, en la Figura 19), que permite conectar el oxímetro al grifo de la botella. Si mantenemos el grifo ligeramente abierto, se puede realizar la medición sin que aumente la presión absoluta del EANx por encima de la presión ambiente.

Cómo se calibran

Para mezclas con un porcentaje de oxígeno igual o inferior al 40 %, la calibración se hace con aire atmosférico, de forma que su lectura en pantalla corresponda a un valor de 20,9 % (figura 21) con las correcciones de la tabla 10.

Si no es así, calibramos el analizador hasta que aparezca esa medida en la pantalla.

Existen dos situaciones que afectan a la calibración: Cuando la presión exterior no es de 1 atm (caso de las inmersiones en altitud) y cuando la humedad en el ambiente es muy alta.

En el primer caso, es fácil comprender la influencia de la disminución de la presión atmosférica porque, como hemos dicho, las medidas del % de O_2 son proporcionales a su presión parcial. En este caso, con mucha más razón habrá que realizar la calibración "in situ".



Figura 21. calibrando un oxímetro.

En el segundo caso, sabemos que la presencia de vapor de agua reduce la concentración de oxígeno. Por ejemplo: si a una mezcla de oxígeno puro (100 %) la saturamos con vapor de agua al 100 %, su concentración disminuye al 97 % (el resto sería el porcentaje del vapor de agua).

En los centros de carga suele haber al lado del higrómetro (para medir la humedad), un termómetro y un cuadro como el de la tabla 15, para conocer cuál debe ser la medida del % de O_2 en el aire atmosférico.

Los sensores cuentan en su interior con un sistema sensible a la temperatura ambiente, para corregir las fluctuaciones eléctricas que ésta puede provocar en el electrolito. Por tal motivo, no se debe sujetar el sensor con los dedos, pues realizaría entonces una lectura incorrecta de la temperatura.

Para medir

No debemos hacerlo en un lugar cerrado, donde el aire puede estar contaminado.

Procuraremos que al abrir la botella, la velocidad con la que sale el EANx no altere la medida. Por eso, el grifo tiene que estar débilmente abierto.

Temperatura °C	0	4	10	16	21	27	32	38	43	49
Humedad Relativa	% de oxígeno en el aire atmosférico									
10	20.9	20.9	20.9	20.9	20.8	20.8	20.8	20.8	20.6	20.7
20	20.9	20.9	20.8	20.8	20.8	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4
30	20.9	20.8	20.8	20.8	20.7	20.7	20.6	20.5	20.4	20.2
40	20.8	20.8	20.8	20.7	20.7	20.6	20.5	20.4	20.2	19.9
50	20.8	20.8	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4	20.2	20.0	19.7
60	20.8	20.8	20.7	20.7	20.6	20.5	20.3	20.1	19.8	19.5
70	20.8	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4	20.2	19.9	19.6	19.2
80	20.8	20.8	20.7	20.6	20.5	20.3	20.1	19.8	19.5	19.0
90	20.8	20.7	20.7	20.6	20.4	20.3	20.0	19.7	19.3	18.7
100	20.8	20.7	20.6	20.5	20.4	20.2	19.9	19.5	19.1	18.5

Tabla 10. % de oxígeno en el aire atmosférico en relación a la humedad y la temperatura.

Lo más aconsejable es utilizar un captador (Figura 19) unido al grifo de la botella y cuya misión es retener ligeramente el EANx que sale.

No debemos tocar con los dedos el sensor para evitar una medida incorrecta de la temperatura.

En cualquier proceso de medida siempre existe un grado de incertidumbre sobre el resultado, a pesar de lo cual, debemos poner la mayor atención posible para evitar los errores que se derivan de una manipulación incorrecta.

NORMAS DE SEGURIDAD

- 24°** Nuestra medida y la del mezclador no pueden diferir en más de un 1 %, si esto ocurriera debemos realizar una medición adicional los dos juntos.
- 25°** Siempre hay que calibrar el oxímetro antes de realizar una medida.



Figura 22. Nuestra medida y la del mezclador no pueden diferir en más de un 1 %.

INMERSIONES

VAMOS A CONOCER

1) Qué es

2) Cómo podemos utilizarla

Dentro del KIT del curso habrás encontrado unas hojas que utilizarás para planificar la inmersión con el resto de los compañeros de tu equipo. Estas hojas te servirán también para registrar los datos de la inmersión y realizar así cálculos posteriores, si vamos a realizar una inmersión sucesiva, o bien guardar esos datos con tu libro de inmersiones.



Figura 23

Una vez realizado el análisis de la mezcla de la botella y que la hemos marcado y etiquetado, procederemos a rellenar junto con nuestro compañero (o compañeros si el equipo está formado por más de dos buceadores) la hoja de inmersiones de la forma que a continuación explicamos.

- a) Escribimos en la portada el nº de inmersión que llevamos con EANx y la fecha. Aunque en el libro de inmersiones numeramos todas las que hacemos, es conveniente llevar un registro aparte de aquellas que realizamos con Nitrox.
- b) En la primera página (Figura 24), después de la ubicación del lugar de inmersión, vamos a escribir los datos de presión y % de O₂ que hemos medido en nuestra botella y los valores que deducimos para nosotros de la PEA y de la POM; por eso pone en la página el título de “Planificación individual”.
- c) A continuación, si la inmersión es sucesiva, escribiremos los datos sobre las condiciones en que nos vamos a encontrar al inicio de la nueva inmersión (GR de entrada, % del TME de entrada), y establecemos una previsión del TME al que podemos permanecer expuestos.
- d) Con estos datos, se reúne el equipo de buceadores para establecer cuál va a ser la POM del equipo (la mínima de las individuales) La PEA correspondiente y planificar la inmersión decidiendo sobre el Tiempo en el fondo y un perfil previsto. Todos estos acuerdos se anotan en la página 2 (Fig. 25).

Interrumpimos aquí la escritura de los datos de la hoja de inmersión y nos preparamos para llevarla a cabo.

Lo haremos siguiendo el plan elaborado y, al finalizarla volveremos a nuestra hoja de inmersión para rellenar los datos de la página 3 (Fig. 26).

Eso sí, los datos que se escriben en la página 3 serán los reales, que pueden coincidir o no con las previsiones que hicimos, y que nos servirán para preparar la siguiente inmersión o para registrarlos en nuestro libro de inmersiones.

BUCEO CON	
NITROX	
Inmersión nº	
Fecha:	

Figura 23

Planificación individual	
Lugar:	
Zona:	
% O ₂ de la mezcla:	
% N ₂ de la mezcla:	
Presión mezcla:	
Pp (O ₂) máxima:	
P.O.M.	
P.E.A.	
Coef. de N.R. de entrada:	
T.M.E. % de entrada:	
T.M.E. en la inmersión:	

Figura 24. Página 1

Planificación e equipo		
P.O.M. del equipo:		
P.E.A. Correspondiente:		
Tiempo en el fondo:		
Perfil previsto		
Presión mezcla	Profundidad	Tiempo

Figura 25. Página 2

Datos inmersión		
Hora de salida		
Profundidad máxima		
Tiempo en el fondo		
Presión final mezcla		
Pp (O₂) máxima		
T.M.E.% en la inmersión		
T.M.E.% total al final		
Coef. de N.R. de salida		
Dosis de OTUS		
Paradas en el ascenso		
Profundidad	Tiempo	¿Obligatoria?

Figura 26. Página 3

CUESTIONES CAPÍTULO 3

Cuestión n.º 1

En el Buceo Deportivo con Nitrox hasta el 40 % ¿Qué materiales tienen que ser diferentes?

Marca con una X la contestación correcta

- A.- El regulador
- B.- La botella
- C.- Todos los latiguillos
- D.- Nada de lo anterior

Cuestión n.º 2

¿Qué significa que un material esté “en servicio de oxígeno”?

- A.- Que se ha utilizado con oxígeno
- B.- Que está limpio para utilizarlo con oxígeno
- C.- Que está limpio y sus materiales son compatibles con el oxígeno
- D.- Que se puede utilizar si la mezcla tiene menos de un 40% de oxígeno

Cuestión n.º 3

Si se produce una deflagración debida al oxígeno con un regulador que era compatible con el oxígeno, ¿A que puede deberse? Marca con una X la contestación correcta

- A.- A la concentración de oxígeno
- B.- A la temperatura
- C.- A que no estaba limpio para el oxígeno
- D.- A que utilizaba juntas de neopreno

Cuestión n.º 4

Enumera tres materiales que no son compatibles con el oxígeno

Cuestión n.º 5

Quién debe analizar y firmar la mezcla de aire enriquecido. Marca con una X la contestación correcta

- A.- El mezclador
- B.- El mezclador y el usuario
- C.- El usuario
- D.- El director de la inmersión

Cuestión n.º 6

La franja de 10 cm que debe rodear a la botella de Nitrox...Marca con una X la contestación correcta

- A.- Debe ser de color verde
- B.- Debe ser de color amarillo con bordes verdes
- C.- Debe ser de color amarillo
- D.- Debe indicar con letras verdes NITROX

Cuestión n.º 7

En la etiqueta de la botella debe aparecer:

- A.- La fecha y la cuota de oxígeno
- B.- La POM
- C.- La firma del mezclador y el usuario
- D.- Todo lo anterior

Cuestión n.º 8

El oxímetro se desgasta y por eso hay que calibrarlo siempre que se mide.

- A.- Verdadero
- B.- Falso

ACRÓNIMOS UTILIZADOS

- DECO** Descompresión, plan de ascenso con tiempos parados a cada profundidad.
- EANx** Denominación del Nitrox, aire enriquecido nitrox (con x% de oxígeno).
- GR** Grupo de nitrógeno residual. Se calcula al salir de una inmersión o al finalizar un intervalo en superficie (después de una inmersión).
- HAP** Hiperoxia de las altas presiones/ Hiperoxia del sistema nervioso central (efecto Paul Bert).
- IS** Intervalo en superficie.
- MA** Mezcla Apropiaada.
- NOAA** National Oceanic and Atmospheric Administration.
- OTU** (Oxygen Tolerance Unit) Unidad de tolerancia al oxígeno. (efecto Lorrain Smith).
- PEA** Es la profundidad a la que respirando aire tendríamos la misma presión parcial de nitrógeno que respirando el EANx en el fondo (a la profundidad máxima que alcances).
- PEN** Es la profundidad a la que respirando aire tendríamos el mismo riesgo de sufrir narcosis que respirando el EANx en el fondo (a la profundidad máxima que alcances).

- POM** Profundidad operativa máxima que se puede alcanzar utilizando una mezcla de AEN sin rebasar la Pp de oxígeno de 1,4 atm (o menos).
- SNC** Sistema Nervioso Central.
- % SNC** % del TME que hemos permanecido expuestos en una inmersión (ver TME).
- TF** Tiempo en el fondo de una inmersión (desde que nos sumergimos hasta que iniciamos el ascenso a 9 m/min, ya sea a la primera parada de DECO o a la parada de seguridad).
- TL** Tiempo máximo en el fondo que podemos pasar a una determinada profundidad(máxima) sin que entremos en DECO.
- TME** Tiempo máximo que podemos permanecer a una Pp de oxígeno con una baja probabilidad de que se produzca una HAP.
- %TME** % del TME que hemos permanecido expuestos en una inmersión.
- TNR** Tiempo de nitrógeno residual: Tiempo en el fondo que deberíamos permanecer para cargarnos con una cantidad de nitrógeno equivalente a la representada por un GR, a una determinada profundidad.

