

Antonio Gallo Armosino, SJ

LÓGICA BLANDA

“Fuzzy” o Difusa

Pensamiento de valores-parciales
para la solución de problemas

Nueva Guatemala de la Asunción, 2000

2a Edic.
revisada
A la Biblioteca
de la UAL - T. Gallo

LOGICA BLANDA
O
MULTI-MÉTRICA.

(Fuzzy , pron. "foési" .)

o. « DIFUSA »

A. Gallo A. Zamorano
año. 2000

PENSAMIENTO DE VALORES-PARCIALES PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS.

Fuzzy Sets and Applications: Selected Papers ,by L.A. Zadeh ,(ed.) R.R. Yager et al. (John Wiley, New York ,1987)

Yager R.R., y Zadeh L.A.: "An introduction to Fuzzy Logic Application to Intelligent Systems", Kluwer Academic. Publishers,1991.

Dimitar Diankov ,Hans Hellendoorn, and Michael Reinfrank : - "An introduction to Fuzzy control". Springer-Verlag, N.Y. 1993.

La lógica Blanda (=fuzzy) es una lógica booleana de super-conjuntos, que ha sido ampliada hasta manejar conceptos de verdad-parcial (de muchas medidas parciales),es decir, sub-conjuntos de los anteriores . Estos y subconjuntos, introducen los valores-intermedios entre lo "completamente verdadero" y lo "completamente falso." La Lógica Blanda fue desarrollada por el Dr. Lotfi Zadeh de la UC/Berkeley en 1960, como un medio para corregir la incertidumbre del lenguaje natural.

Al parecer, en España tradujeron "fuzzy" como "difusa". Pero este término no corresponde claramente a la idea de "fuzzy" que significa más bien peludo y suave, como los vestiditos de lana de los bebés que tienen una textura con muchos pelos . Esto significa que el corte (separación) entre este objeto y sus adyacentes , no es "rígido" ni "afilado" o destacado, discreto, (como la separación entre números) sino blando, variable, progresivo, casi continuo. Por esta razón se denomina también multi-métrica. Y esto es lo que caracteriza las medidas "fuzzies", flexibilizadas ,inciertas y progresivas, blandas. Los términos de : rígido, destacado, afilado, se reservan para las medidas absolutas de la "lógica-bivalente" como la booleana, los conjuntos numéricos o superconjuntos, cuyos límites, o bordes, son así: discretos, afilados, rígidos.

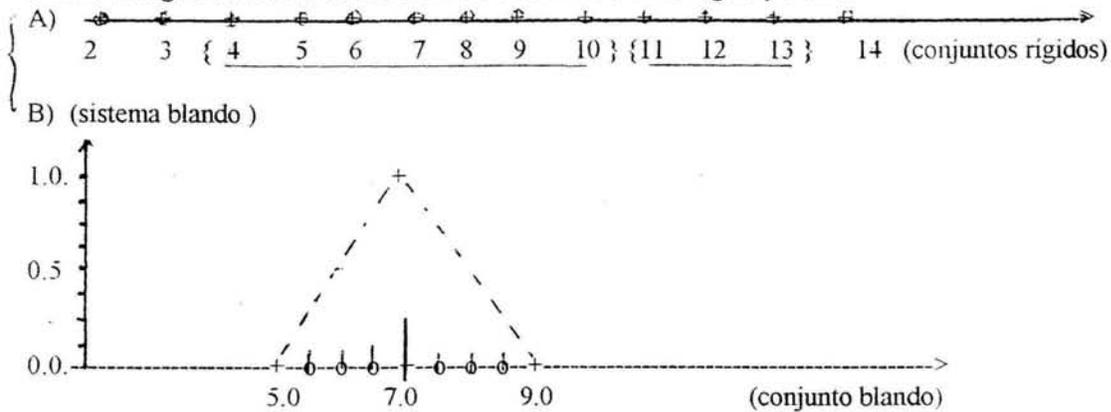
La intención del inventor, Zadeh , un matemático de origen iraní, se refiere a la aplicación de medidas multi-métricas ,como una metodología general para cualquier clase de teorías y procesos. Esta es capaz de flexibilizar un sistema rígido de elementos discretos (destacados, afilados) y reducirlo a una forma continua (blanda , o imprecisa). Así puede hablarse de : un cálculo blando , subconjuntos blandos, ecuaciones diferenciales blandas, y así en adelante. No se trata de que la lógica sea blanda, si no que las medidas son blandas, por que son solo aproximadas y variables .

Es pues una metodología para resolver Problemas de Control, que puede ser aplicada a sistemas que varían : de simples, pequeños, micro-controladores incorporados , a sistemas grandes, operados en redes ,PC de muchos canales, para adquisición de datos , y para ejercer controles. Puede ser desarrollada con software, hardware o una combinación de ambos. Permite alcanzar conclusiones bien definidas a partir de informaciones de input, vagas, ambiguas, imprecisas, eterogéneas , o parciales.

ES UNA ARITMÉTICA BLANDA Y SON NÚMEROS BLANDOS ?

Los números blandos son subconjuntos de la línea real (= de los conjuntos de lógica bivalente). Estos poseen un nivel de membrecía de grado 1, arriba del cual los miembros de un universo se sitúan por completo en el conjunto. La 'función de membrecía' es progresiva , crece acercándose a este nivel, y disminuye alejándose de él.

Los números blandos se usan ampliamente en los casos de control blando. Un caso típico es el número blando triangular. Véase la correlación entre los dos sistemas: rígido y blando.



En esta forma se puede calcular el número siete como número-blando. El siete deja de ser rígido, se ablanda, si se fragmenta en las medidas intermedias entre el cinco y el nueve. (5, 5.50, 6, 6.50, 7, 7.50, 8, 8.50, 9]. Este sería un "conjunto-blando", con relación al "super-conjunto" de la serie numérica 'natural', que es rígida.

La Lógica de los subconjuntos blandos debe considerarse como una teoría formal "matemática" para la representación de la incertidumbre. La incertidumbre es crucial para el manejo de Sistemas Reales. Si uno quisiera parquear su carro PRECISAMENTE en un lugar (totalmente ajustado), no le sería posible. Al contrario uno trabaja con un margen de tolerancia, pongamos de 10 cm. La presencia de la incertidumbre es el precio que se debe pagar para manejar sistemas complejos.

Algunos sistemas son demasiado complejos para ser manejados con cálculos matemáticos, de medidas fijas y exactas. La Lógica Blanda (= fuzzy) es una metodología para expresar leyes operativas de un sistema, en términos lingüísticos y no matemáticos. Estos términos lingüísticos se expresan a menudo en forma de implicaciones lógicas, como las reglas del: "si...entonces."

Así es, como se incorpora una fórmula del tipo: [" Si 'x', Y 'y', Entonces 'z.' "], en la cual: Si x (= la temperatura es demasiado fría); Y y (= el proceso tiende a ser más frío), Entonces ----> z (= agregar calor al proceso).

Los términos "lingüísticos" de uso corriente no tienen significados precisos, sino blandos. Por ejemplo si Pedro dice: "casa", le da un sentido particular, que responde a sus experiencias. Si María dice: "casa," le dará un sentido posiblemente muy diferente, por su modo de concebir la casa. Se pueden multiplicar los ejemplos similares. Resulta claro que los términos lingüísticos son imprecisos, incompletos, y difieren mucho entre sí. Para precisarlos es necesario todo un proceso de aproximación que responda a medidas multi-métricas: agregar adjetivos, adverbios, circunstancias, relaciones, etc..

En un sistema operativo también se establecen medidas incompletas e imprecisas. Ejemplo:

<< Si la temperatura ambiente es CALIENTE, entonces coloque el calentador en LOW.>>

Tenemos ahí dos conjuntos: (C) y (L), que establecen la regla del cambio.

"Caliente" y "Low", son en realidad dos conjuntos que definen una gama de valores conocidos como miembros de una función. Seleccionando una "serie de valores" podemos controlar la temperatura con mayor precisión. Si se usa una lógica exacta, afilada, para resolver este problema se tendrá que:

Con temperatura superior $\geq a 20^\circ$ ----> ponga el calentador a 5.
 Con temperatura inferior $< a 20^\circ$ ----> ponga el calentador a 10.

Con la lógica exacta,rígida, solo hay un punto fijo del cambio: 20°. El punto de decisión es “discreto” (destacado , afilado).En la realidad,la temperatura puede llegar desde abajo hasta más de 20° antes que el controlador pueda reaccionar, y poner 5. Y al revés puede bajar de arriba hasta más abajo de 20° antes que el calentador reaccione.

Sin embargo la Lógica Blanda es un formalismo matemático. El grado de membresía (= pertenencia de un número a un conjunto blando) es un número preciso. Lo que es crucial es considera la lógica blanda , una lógica de la incertidumbre. No es que la lógica misma sea incierta.Las leyes de la de la incertidumbre no son leyes inciertas.

Qué sucede si la temperatura oscila entre 19. 5 ° y 20. 5° ? El controlador estará cambiando todo el tiempo ? o se volverá loco. La lógica Blanda resuelve este problema .

1. CONJUNTOS RIGIDOS Y SUBCONJUNTOS BLANDOS

Cuando se habla de conjuntos ,en la Lógica Blanda, nunca se trata de Sistemas de Conjuntos o Superconjuntos . Los sistemas de Conjuntos solo se dan en la Lógica rígida, bivalente. En la Lógica Blanda se dan unicamente Subconjuntos-blandos , integrados por elementos especificados en los Superconjuntos anteriores (como se ha visto en el triángulo).Es decir incluidos en conjuntos rígidos, como subdivisiones de aquellos. Así el Sistema” Hombres”, es un conjunto rígido de lógica bivalente, mientras “hombres-altos” y “ hombres-bajos” son dos subconjuntos blandos del anterior. Por esto siempre se habla de Subconjuntos Blandos (fuzzy) y de la función-variable de “membresía “ de individuos ,en cuanto integrados. más o menos , en subconjuntos blandos. (El signo μ = se lee ‘membresía’)

La lógica Blanda constituye un proceso de medición, que se construye en tres momentos:

- 1. Ablandamiento. Los datos exactos fijos, se ablandan en una “serie” de mediciones aproximadas.
- 2. La Inferencia, se establecer con reglas generales blandas.
- 3. Des-ablandamiento. Se recupera la precisión de valores, para la ‘salida ‘o ‘ejecución’.

1.El “ablandamiento” es un proceso que consiste en transferir el input (input rígido = super conjunto) a un subconjunto blando, impreciso (implicado por el superconjunto el anterior) . La función de membresía de un elemento cualquiera, (p.ej.: a), que pertenezca al subconjunto , definida sobre las variables de input (entradas) , se aplica a sus valores reales, ,para determinar el grado de verdad de cada regla-premisa. La Lógica Blanda, transforma conceptos vagos, imprecisos, como :{ ‘alto’ , ‘casi cero’ , ‘muy lejos’ ,} en valores de verdad conocidos como ‘grados de membresía’.Portanto es posible representar cualquier medida en términos de su grado de membresía (= pertenencia a...) de un subconjunto blando.

2. Entonces la ‘inferencia’ genera reglas blandas (= aproximadas) .El valor de verdad de cada regla-premisa es calculado ,y aplicado a la conclusión parcial de cada regla. Este resultado es un subconjunto que debe ser asignado a cada variable de salida (output) para cada regla.Usualmente solo se utilizan las palabras MIN (mínimo) y PROD (producto) , como reglas de inferencia.En la inferencia MIN, la función-de-miembro es cortada a la altura mínima del grado de verdad correspondiente a la regla-premisa. (= lógica blanda con “y”, booleana = and). En la inferencia PROD la función-de-miembro de salida (output) es graduada, por el grado de de verdad ,calculado con la regla-premisa.

Los subconjuntos-blandos , asignados a cada variable de entrada (input) ,se ‘agrupan ‘(= composición) para formar un único subconjunto blando , para cada variable de salida (output).En esta ‘composición’ se usan las palabras MAX y SUM . En la composición MAX el conjunto blando combinado de salida (output) , es construído tomando el “punto-máximo” sobre todos los subconjuntos blandos, asignados a la variable de salida (output) por la regla blanda de inferencia.(lógica blanda con “o”,booleana ‘or’).En la ‘composición’ SUM , el conjunto blando combinado de salida es construído tomando el “punto-suma” de todos los subconjuntos blandos asignados a la variable de salida (output) por la regla de inferencia.

3. El proceso de “des-ablandamiento” convierte los subconjuntos blandos, de la salida (output) , nuevamente en valores precisos,rígidos,un solo número (p.ej. ‘a’) . Existen varios métodos de “des-ablandamiento “. Algunas de las técnicas más comunes son : el CENTROIDE y el MAXIMUM. En el CENTROIDE se

calcula el valor rígido de una variable de salida blanda, buscando el valor variable del centro de gravedad, de la "función-de-membrecía" para el valor blando. En el método MAXIMUM uno de los valores variables, en el cual el subconjunto blando adquiere su máximo valor de verdad, es elegido como el valor rígido para la salida (output) variable.

Por ejemplo. Supóngase que las variables : x,y, z, todas reciben sus valores en un intervalo entre : 0 y 10 [= 0,10] y que se definan las siguientes reglas de "función-de-membrecía."

- $\left. \begin{array}{l} \text{a) Bajo (v) = } 1 - (v / 10) \text{ (todos los valores debajo de } 10 \text{, de } 10 \text{ hasta } 0) \\ \text{b) Alto (v) = } v / 10 \text{ (todos los valores de } 0 \text{ hasta } 10) \end{array} \right\}$

Las 4 reglas podrán ser :

- regla 1: si x es bajo y 'y' es bajo entonces 'z' es alto.
 regla 2: si x es bajo y 'y' es alto entonces 'z' es bajo
 regla 3: si x es alto y 'y' es bajo entonces 'z' es bajo
 regla 4: si x es alto y 'y' es alto entonces 'z' es alto

Como puede verse, la variable de salida 'z', no posee un solo valor. Las reglas le asignan todo un subconjunto de valores blandos. (dos veces bajo y dos veces alto).

Lo importante de la Lógica Blanda es que puede repetir fácilmente la actitud humana. Si una persona entra a la ducha y siente el agua demasiado caliente, rápidamente corrige la temperatura; la lógica Blanda remeda el mismo gesto. Esta fue concebida como un mejor método para ordenar y manejar datos, pero ha demostrado poder ser un excelente modo para muchos 'sistemas de control'.

2. ELIMINACIÓN DE LOS CONCEPTOS ABSTRACTOS.

Bart Kosko.(1987), Gardner M. (1982), Goleman D.(1988), Minsky M.L (1988) y otros, han desarrollado este pensamiento referido a valores intermedios de la experiencia, que pretende prescindir de los "conceptos"; y que llaman Fuzzy-Thinking; con intención de suplantarse la lógica clásica, fundada en la oposición conceptual-binaria, (entre: Verdadero y Falso.).

La llamada "lógica- Blanda" o "Pensamiento - Blando", desarrolla un campo de aplicaciones, y medidas de la experiencia para datos de problemas prácticos, a partir de una visión empírica de la realidad. Y pretende permanecer adherida a esta realidad experimental, mientras encuentra una solución al problema; sin hacer referencias a conceptos y a los términos lógicos del pensamiento.

En otras palabras: se trata de un "empirismo-filosófico" derivado del empirismo lógico, que no reconoce el pensamiento abstracto, y reduce la mente a un mecanismo de cálculo. Además pretende superar el empirismo de B. Russell, de Whitehead, Moore y Wittgenstein, fundado en una lógica bi-valente, (de Verdadero y Falso); de manera más radical, con una lógica plurivalente, de infinitas posiciones intermedias (blanda).

A. Principio.

En la experiencia vivencial, no se da nada que sea completamente acabado y fijo, sino que todo lo experimentado es fluido e indefinido; nada se da como infinito o absoluto, sino únicamente como correlativo a otras cosas y limitado. Por ejemplo: alto-bajo, delante--detrás, derecha-izquierda, blanco-negro, cuadrado-redondo, no son términos fijos, claros, delimitados y estáticos, en la experiencia medible, son simples posiciones contrarias. Los 'extremos' fijos no son medibles, son únicamente términos conceptuales.

Ni hay un blanco total, ni un negro absoluto.

La Lógica Blanda considera que estos extremos, estáticos y absolutos, no se perciben en la experiencia; y portanto no existen. Lo que se experimenta son realmente situaciones--parciales, con muchos valores intermedios. Entre estos presuntos 'extremos' hay una gran variedad de grises (en lugar de blanco y negro), igualmente hay una gran variedad de posiciones (entre : delante...y... detrás) una gran variedad de tiempos (entre antes... y... después); una gran variedad de mezclas (entre verdadero.... y.... falso); una gran variedad de situaciones (entre satisfecho.... y.... descontento).

B. Generalización.

Generalizando, la Lógica Blanda, llama a este tipo de experiencias:medidas--blandas, pensamiento--blando, conjuntos blandos. Estas " medidas-parciales ", de detalle, { entre blanco y negro ,entre verdadero y falso, entre delante y detras, entre contento y descontento, entre si y no}, en este caso, son las experiencias--reales:imprecisas, aproximadas, incompletas. Unas medidas que quieren acercarse a la experiencia real deberán ser: unas " -medidas-aproximadas,parciales" (lo que se llama blando,no rígido, ni afilado).Se trata de un pensamiento"plurivalente" de una lógica "plurivalente", en contraposición a la lógica corriente, que es bi-valente (es decir fundada sobre la contraposición de dos valores: verdadero-falso, sí-no, blanco-negro; una lógica con base dos: (V, F.).

No es el caso del cuento del marciano (Ver de Verbo, Un idad 4ª) que añadía una tercera posibilidad lógica, en lugar de dos. Allá siempre se trataba de términos destacados (discretos , afilados).Ahora se colocan a distancia los dos: el Verdadero y el Falso, y se buescan las situaciones intermedias ,rompiendo la oposición en pedacitos ,cada vez más menudos , hasta establecer un nexo fluido entre los dos, con todos los valores parciales que se puedan medir (por esto se llaman medidas blandas).En lugar de un " salto" se encontrará una línea curva, continua.

3 . CONTENIDO DEL ENFOQUE MULTI--MÉTRICO.

Es importante comprender este tipo de pensamiento,y descubrir su campo de aplicación; cómo se relaciona con la lógica-clásica que ya se conoce: y como se diferencia.

A.--- Cuál es el punto de partida del " Pensamiento blando? " .R/:Es un campo muy restringido. Concentra su atención sobre los términos que, tradicionalmente, llamamos: "Contrarios":Verdadero-Falso;blanco-negro;alto-bajo, etc. o bien sobre la 'distancia ' entre dos números que establecen un lapso (ej.: 6...8, 0...1). Es necesario recordar que la pareja de términos :

{ ' Verdadero-Falso', contrapone dos contenidos que son = Contrarios.

Mientras la otra pareja:

{ ' Verdadero - --No Verdadero', contrapone dos términos = Contradictorios.

Entre dos contrarios hay infinitas posiciones intermedias ,medibles,parciales .Mientras entre contradictorios no hay separación.Entre las dos posiciones contradictorias: "todos los hombres respiran" y "algún hombre no respira",no hay posiciones intermedias.La oposición es puramente lógica. No así, entre posiciones contrarias . Dicho de otro modo, son contrarios : "Todo -blanco.... versus Todo-negro,

<----->

"Per cierto que sí por cierto que no,"

<----->

" En pleno acuerdoen total desacuerdo,"

<----->

Hace calor.....hace frio.

<----->

Es positivo.....es negativo.

La oposición entre 'contrarios' ,más que real ,es lingüística y se refiere a diferencias reales, que son variables , inciertas , y múltiples.La lógica Blanda puede considerarse también lógica de la incertidumbre. Estos terminos-contrarios establecen un eje- semántico, en cuyos extremos se sitúan las dos posiciones opuestas..Son terminos 'extremos', fijos y a pesar de ello, no tienen un contenido muy preciso y claro; y no se captan en la experiencia. La experiencia nunca define una posición lógica. El nivel experimental es existencial, mientras el nivel lógico es conceptual.Es importante conservar bien separados los dos niveles: el nivel conceptual,de los extremos opuestos, y el nivel existencial,de las medidas,parciales ,progresivas, de las situaciones intermedias.

Tanto el que afirme:"es todo blanco", como quien afirme: "es todo negro", están convencidos de que conocen lo que significa este "Todo":es decir poseen un "concepto" claro y definido de lo que significan : todo-blanco,y todo-negro,delante-detras, antes-despues,etc.Estos conceptos se realizan en el nivel mental..

Con razón la lógica Blanda sitúa su teoría afirmando que estos 'extremos' no se dan en la realidad experimental al estado puro sino reducidos, finitos, y en medidas--parciales, cuando no cambiantes y variables: este es el nivel existencial. Mientras los 'extremos absolutos' no se experimentan; sí se "experimentan" muchas situaciones intermedias parciales: un negro--negro, un negro gris, un gris--oscuro, un medio-gris, un gris-claro, medio-blanco, un blanco--gris, un blanco--claro, un blanco--más blanco, etc. (siempre se trata de : uno, otro, otro más, intermedios, casi blanco, casi negro, etc..) Qué diferencia hay entre un término y el siguiente? Evidentemente no es destacada, ni afilada, sino blanda, casi continua.

Las anteriores son medidas reales, aunque blandas. Por esto se llama a este pensamiento: "plurivalente, multi-métrico", contrapuesto al precedente "bi-valente" o dual y rígido. De este modo se observan todas las gradaciones parciales, que existen entre los dos supuestos 'extremos ---irreales' que no son experimentables.

Ej.: (Negro) < casi-negro, negro-claro, gris-oscuro, gris-claro, gris-blanco, blancuzco, l > (Blanco).
 } (Negro) < 5/5, 4/5, 3/5, 2/5, 1/5, 1/6, 1/7, 1/8, 1/9, 1/10..... 1/nº. > (Blanco). }

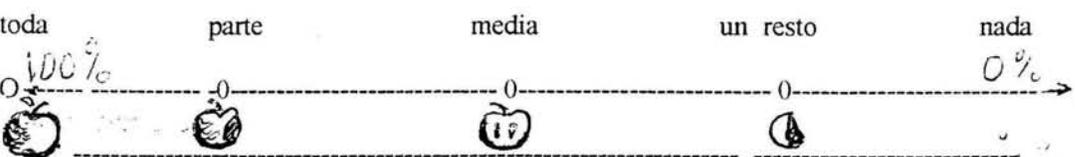
Si únicamente con los dos extremos (conceptuales), se construye una lógica bi-valente, con todas las medidas intermedias, se construye una lógica plurivalente, multi-métrica. Esto no significa inventar una nueva lógica, sino aplicar la lógica bivalente a los casos particulares. No es posible olvidar que tanto los extremos conceptuales de blanco y de negro, como las medidas parciales de los grises, totalidad, medida, parte, mitad, cuarto, quinto, etc., son entidades lingüísticas que definen el valor de los números con que se mide, y poseen un fundamento lógico.

No se trata del mismo tipo-lógico de entidades, pero uno depende del otro. También hay que observar que las medidas--parciales, carecen de sentido, a menos que se refieran a una unidad o al cero, que a su vez son terminos conceptuales y no experimentales. Quién podría experimentar el uno, en cuanto unidad? Únicamente nombrándolo puede ser definido "un-uno", lo cual es fruto de un concepto. Igualmente si se trata del cero, o de cualquier otro número que sirva para establecer una medida.

Además, los miles-de-grados--intermedios, entre blanco y negro, (es decir los miles de grises, reales), no serian medibles, ni serian pensables, sin la referencia a los dos extremos. Es decir, forman un tipo lógico inferior, dependiente de los dos extremos pensados y no medibles.

Ej.: (un extremo <-----> otro extremo.) (= nivel conceptual)
 } <-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----> (= nivel de medidas)

En realidad, la lógica multi-valente y multimétrica no es más que un desarrollo derivado de la lógica bivalente, en caso de medir-dos---términos-contrarios. El caso típico estudiado por Kosko es el de una manzana.



Ni el Todo, ni la Nada, existen; pero tampoco las Partes, en cuanto partes de algo.

Está claro que: "Toda la manzana" <----- y -----> "Nada de manzana", son términos "Contrarios", en el sentido aristotélico y de la lógica clásica, es decir que: admiten infinitas posiciones intermedias. El haber enfocado esta realidad y haberla utilizado para resolver muchos problemas prácticos, es ciertamente merito de la lógica multimétrica o Blanda.

Lo que no puede decirse es que: esta lógica "sectorial", o infralógica, elimine la lógica bi-valente, por que realmente se apoya en quella. No habria medida intermedia sin los 'extremos'. No existe una manzana-total

ni una manzana-nula:ambos términos son meros conceptos.Pero una media-manzana solo se entiende con referencia a estos conceptos.

Aún en el caso en que los grises no se llamen grises. sino unicamente una gama - de - tonos . la tal gama de tonos deberá colocarse entre dos extremos si se quiere definir su posición relativa. Lo cual obliga a recurrir a la lógica bi-valente, para definir las partes: recurrir a un tipo-lógico superior, para explicar el tipo-lógico dependiente (= recordando el teorema de Goedel con referencia a la totalidad de los elementos de un sistema).

B. _De este modo podemos calcular esta lógica de "valores - parciales"sin que se la separe de su matriz originaria :- la oposición entre contrarios - . La lógica clásica (bi-valente) que conocemos, no desciende (de ordinario) a tales detalles prácticos y los ignora; pero no desaparece en una investigación que desarrolle estos nuevos aspectos de la experiencia; que presentan grandes ventajas para captar la realidad en sus matices.

Las variables medidas en la lógica blanda, en lugar de ser representadas por números ,pueden ser definidas con palabras, o expresiones lingüísticas. En 1973 el Profesor Lotfi Zadeh propuso el concepto de " variables lingüísticas o blandas" , para sustituir las variables numéricas, o rígidas . Pensarlas como objetos lingüísticos o palabras, más que como números. El "input" de un sensor que capta el calor, es un nombre: por ejemplo "temperatura", "desplazamiento", "velocidad", "flujo", "presión", etc. Como el error marca la diferencia , puede ser pensado del mismo modo. Las variables blandas, son ellas mismas adjetivos ,que modifican las variables.(Por ejemplo, error "grande positivo",error "pequeño positivo" error "cero" ,error "pequeño negativo" ,error " grande negativo").

Cuando menos, uno puede siempre obtener variables para cada uno de los parámetros como : un "positivo", "cero", "negativo". Los grados adicionales tales como "muy grande", " muy pequeño" ,pueden añadirse para ampliar las respuestas a condiciones excepcionales o no-lineales, pero no son necesarios en sistemas básicos.Con esto se sustituyen medidas numéricas con medidas lingüísticas ,aprovechando de la elasticidad de las palabras, y se entra al campo de la lógica blanda.

La lógica multimétrica, o blanda, no exige "inputs" muy precisos, es interiormente robusta, y puede procesar cualquier número razonable de inputs,pero la complejidad del sistema crece rapidamente cuando las 'entradas y salidas ' sean numerosas.Por esto se simplifica la fórmula con: "Si equis y ye,entonces zeta" ,para describir la respuesta deseada del sistema en términos lingüísticos mas que en fórmulas matemáticas. El número de estas depende del número de entradas y de salidas ,y de los objetivos que se proponga el que establezca el control de respuestas.

4 . CASOS DE APLICACIÓN

Mientras la lógica booleana ,frente a un problema matemático tiene solo dos repuestas que responden a un único punto de cambio:

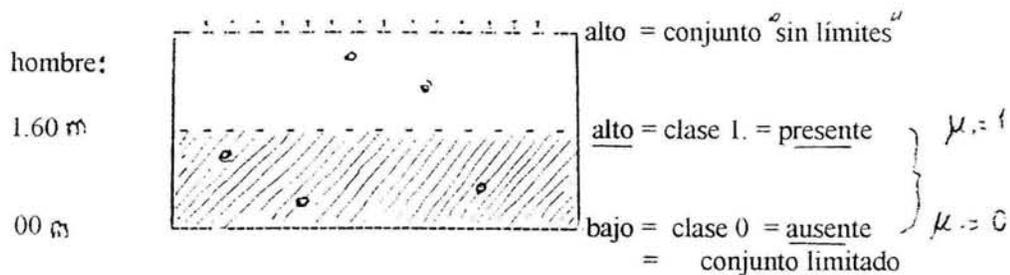
$$1+2 = 3 \text{ Verdadero}$$

$$1+2 = 4 \text{ Falso}$$

la lógica Blanda, analiza las posiciones intermedias y puede dar varias respuestas,respondiendo a varios puntos 'de cambio' aproximados.

El sistema rígido es 'ablandado' introduciendo posiciones intermedias entre verdadero y falso.El uso del sistema rígido de verdadero/falso es aceptable solo en casos especiales ,como en la aritmética.Cuando la misma pregunta se aplica a situaciones reales y se pregunta si un hombre es alto o bajo ,se encuentra dificultad en contestar. Ej. --"Pedro es un hombre alto" --.

Lo cual es unicamente verdadero si la altura de Pedro está por encima de lo que se llama "alto".Pero , cuán alto es "alto"? No podemos fijarlo con precisión. Un hombre alto no es tan alto como un edificio.La solución matemática tradicional de este problema se sirve de una escala.



En este ejemplo las alturas inferiores a 1.60 m. se describen como bajas. Y las alturas superiores a 1.60m como altas. Así las oraciones siguientes son:

Los hombres, debajo de 1.60, son bajos = Verdadero

Los hombres, debajo de 1.60m, son altos = Falso.

Igualmente las oraciones :

Los hombres ,arriba de 1.60m. son altos = Verdadero

Los hombres, arriba de 1.60m , son bajos = Falso

La gama de los hombres bajos va de cero a 1.60 y la gama de los hombre altos va de 1.60 al infinito. En lógica estas gamas se llaman de ordinario Conjuntos. Y los individuos humanos son elementos de estos conjuntos. La conclusión Verdadero (en lógica booleana = 1) o Falso (en lógica booleana = 0) denota si un individuo es miembro de un conjunto o del otro. La consecuencia de la lógica bi-valente, rígida, puede llevar a los contrastes que tenemos en el ejemplo siguiente.

nombre	mide	alto	bajo
Luis	1.85	1	0
Carlos	1.50	0	1
Maria	1.61	1	0
Angel	1.59	0	1

Obsérvese que entre Luis y Carlos hay una diferencia de treinta centímetros que justifican la atribución de alto y bajo; los dos se establecen como miembros de los dos respectivos conjuntos. Al contrario entre María y Angel la diferencia es de apenas dos centímetros y sobre esta base se atribuyen a dos conjuntos diferentes. Los dos centímetros producen el mismo efecto que los treinta centímetros. Este es el principal inconveniente de la lógica bi-valente, cuando se aplica a situaciones reales. Si María y Angel tienen una medida parecida, lo que se aplica a uno, debería aplicarse a la otra; y no separarlos, como lo hace la lógica bi-valente. Cualquier persona de sentido común lo interpretaría de modo diferente: los vería a ambos, parecidos.

El problema está en el uso de la palabra "alto". En nuestro lenguaje hay diferentes modos de entender lo "alto". La diferencia no es calculable matemáticamente. No hay una fórmula matemática que defina con precisión lo alto. Al contrario, el lenguaje tiene muchos medios para flexibilizarse y aplicar correctamente la etiqueta de "alto".

5. ABLANDAMIENTO Y DESABLANDAMIENTO

La Lógica Blanda, multimétrica, como ya se vió, transforma los conceptos "imprecisos" o inciertos, como "jóven", "poquito" y "demasiado", en valores de verdad conocidos como "grados de membrecía" de un subconjunto blando. La membrecía ya no se mide con sí o no, sino por grados. Portanto es posible representar cualquier medida en términos de "grados de membrecía" (...de pertenencia) a conjuntos blandos. Esta transformación de medidas ...a valores blandos, es conocida como 'ablandamiento' y puede lograrse con programas de computadoras como FCP usando un "editor" de Conjuntos Blandos para definir las funciones de membrecía de conjuntos blandos.

Una vez que los signos han sido "ablandados", pueden ser manipulados para obtener una salida (output) blanda, por medio de la Regla-base: (SI...Y...ENTONCES ...). [La ventaja de la lógica blanda está en que

se pueden entrar órdenes al controlador para que realice una 'forma' (expresión oral) usando enunciados de esta Regla base |.

Esta señal de salida (output) puede entonces ser "des-ablandada" de nuevo, reduciéndola a una forma que el programa puede reconocer. En el FCP (fuzzy control program), se consigue con un 'editor' separado, de conjuntos blandos ,que es semejante al editor de los conjuntos del entrada (input) .

6 . LOS SUBCONJUNTOS BLANDOS

1.-- EN LA LOGICA CLÁSICA BIVALENTE un Subconjunto S de un conjunto U, puede ser definido como la enumeración o registro, de los elementos de U, en función de el conjunto: [0,1] = {Falso, Verdadero}.

S es : $U \rightarrow (0,1)$ = S pertenece a U en función de la membrecía [0,1]

Este registro puede representarse como un conjunto de "pares-ordenados" , con exactamente uno , de los pares ordenados ,presente en cada elemento de U.

El primer elemento de los pares ordenados es un elemento del conjunto U , y el segundo elemento es un elemento del conjunto (0,1).El valor cero es usado para representar la no-membrecía, y el valor uno para afirmar la membrecía.

La verdad o falsedad del enunciado : " x está en S " , se determina al encontrar el par ordenado, cuyo primer elemento sea x .Entonces el enunciado es verdadero si el segundo elemento del par ordenado es 1, y es falso si es 0.

2.-- EN LA LÓGICA BLANDA, un subconjunto F de un conjunto U puede definirse como un conjunto de pares ordenados ,en que cada uno tenga el primer elemento de U ,y el segundo elemento del intervalo (0,1),con exactamente un par ordenado presente para cada elemento de U.

Esto define la enumeración de registro entre: los elementos del conjunto U y los valores en el intervalo (0,1). (ver a la pag. 20)

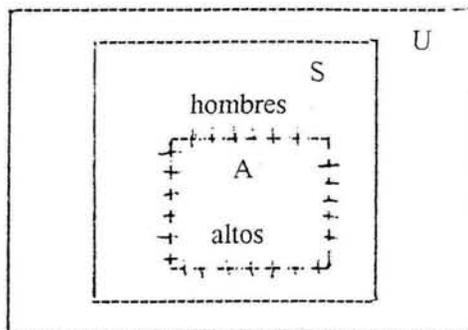
El valor cero es usado para representar la 'total no-membrecía' , el valor uno para representar la 'completa membrecía' . Y los valores intermedios se usan para representar los GRADOS INTERMEDIOS DE MEMBRECÍA .

Se entiende el conjunto U, como el UNIVERSO DEL DISCURSO para el subconjunto blando F. De ordinario la enumeración o registro es descrita como una "función": la Función de Membrecía de F.

El grado , en el cual es verdadero el enunciado : " x está en F " , es determinado encontrando el par ordenado cuyo primer elemento es x .El grado de verdad del enunciado es el segundo elemento del par ordenado. (En la práctica el término de "función de membrecía" y "subconjunto blando" son intercambiables).

7 . MANEJO DEL PROBLEMA: DE LO ALTO Y LO BAJO

Pongamos que U sea el universo del discurso, y S sea el conjunto de todos los hombres, como subconjunto del conjunto U. Tendremos entonces un subconjunto (A) (= el subconjunto de los hombres altos.) Tratemos de definir el subconjunto blando (A) , que responda a la pregunta:-- " cuán alta es la persona x ? ".Zadeh describe "alto" como una variable lingüística que representa nuestra categoría cognoscitiva de la "altura".

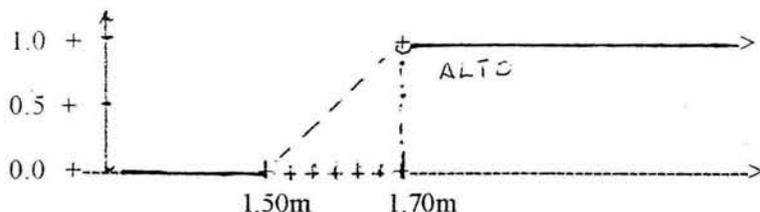


A cada persona, en el universo del discurso U, debemos asignar un grado de membrecía en el subconjunto blando (A) (= alto). La forma más simple de hacerlo es con una función de membrecía , basada en lo 'alto' :

de la persona , (teniendo en cuenta un lapso de inseguridad de 20 cm. entre verdaderamente alto y verdaderamente bajo).

$$\text{alto } x = \begin{cases} 0, & \text{si es alto } (x) < 1.50\text{m.} \\ (\text{alto } (x) - 1.50\text{m}) / 20 \text{ cm.} & \text{si } 1.50\text{m} \leq \text{alto } (x) \leq 1.70\text{m.} \\ 1, & \text{si es alto } (x) > 1.70\text{m} \end{cases}$$

Una representación gráfica de lo anterior puede ser la siguiente. en que el lapso está entre 1.50m. y 1.70m.:



Las medidas parciales se aplican al lapso entre 1.50 y 1.70 . El conjunto de variables entre los valores extremos produce un subconjunto-blando que trata de aproximarse a los valores variables de la realidad humana. Cuanto más se especifican las medidas parciales, tanto más al cálculo se aproxima a la realidad y elimina la incertidumbre.

A raíz de esta definición se pueden deducir ciertos ejemplos de valores:

nombre	alto	grado de alteza (estimado)
Juan	1.40	0.00
Julio	1.50	0.21
Roberto	1.55	0.38
Rodolfo	1.60	0.42
Romeo	1.65	0.54
Sirio	1.70	1.00

Las expresiones como "a es x" pueden interpretarse como "grados de verdad". Como por ejemplo "Roberto es alto" = 0.38. (= grado de la función de membresía). En los casos concretos la función de membresía no es tan simplificada y entonces no tiene la forma de: "grande (x)". En general tienden a ser como triángulos que miran hacia arriba. Por ejemplo con relación a la altura se puede tener en cuenta la edad del individuo. entonces se da una dimensión más compleja al "input". Y el valor de verdad de alto dependerá de ambos parámetros. Sería una función de membresía de dos dimensiones; o una "relación-blanda". Entonces la función de membresía puede depender de dos diferentes universos del discurso.

Entonces pueden discutirse y analizarse fórmulas como la siguiente:

$$'x' \text{ es LOW y 'y' es HIGH o (sin 'z' en medio)}$$

Las definiciones que pueden derivarse son:

1. verdad (no 'x') = 1.0 - verdad (x)
2. verdad ('x' y 'y') = mínimo (verdad (x), verdad (y))
3. verdad ('x' o 'y') = máximo (verdad (x), verdad (y))

Si se toma la misma definición de verdad como en lo anterior, y además asume un subconjunto blando VIEJO definido por la función de membresía:

$$\text{viejo}(x) = \begin{cases} 0, & \text{si edad}(x) < 18 \text{ a.} \\ (\text{edad}(x) - 18 \text{ a.}) / 42 \text{ años.} & \text{si } 18 \text{ a.} \leq \text{edad}(x) \leq 60 \text{ a.} \\ 1, & \text{si edad}(x) > 60 \text{ a.} \end{cases}$$

Si se supone lo siguiente :

- a = x es alto 'y' x es viejo
- b = x es alto 'o' x es viejo
- c = no x es alto

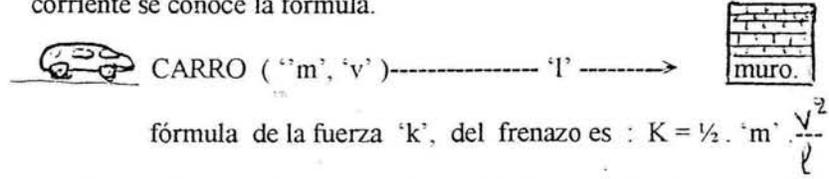
Entonces podemos calcular los valores de la "función de membresía" en los siguientes:

alto	edad	x es alto	x es viejo	a	b	c
1.50	65	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00
1.65	30	0.21	0.29	0.21	0.29	0.79
1.70	27	0.38	0.21	0.21	0.38	0.62
1.75	32	0.42	0.33	0.33	0.42	0.58
1.80	31	0.54	0.31	0.31	0.54	0.46
1.85	45	1.00	0.64	0.64	1.00	0.00
0.50	4	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

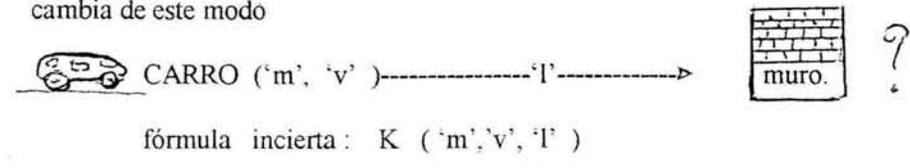
Se usa por ejemplo en instrumentos para el reconocimiento de los caracteres escritos a mano., y en casos semejantes.

8. MANEJO DE PROBLEMAS DE CONTROL

Si un carro avanza a una velocidad 'v' y está llegando con su masa 'm' hacia un muro contra el cual puede chocar, estando a la distancia 'l'; se pregunta cómo calcular el peligro que representa. En la matemática corriente se conoce la fórmula.



En el caso concreto de un conductor las cosas no pasan exactamente en este modo. El conductor puede estar distraído, contemplando el paisaje, o lento en reaccionar, o pierde el control y acelera. Entonces la figura cambia de este modo



Cuando se exige una "toma de conciencia", no es posible encontrar la evaluación exacta ! Además no hay tiempo para resolver un problema físico. Entonces la decisión, en favor de cierto tipo de reacción, se vuelve "blanda."

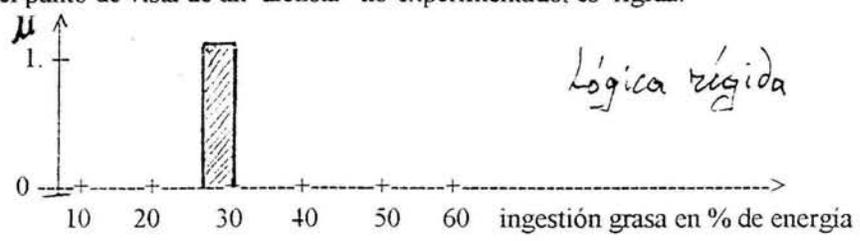
En el caso citado hay elementos típicos del método blando.

1. la descripción de la situación en términos blandos: "demasiado aprisa", "demasiado cerca" ...
2. la decisión blanda de: "Si A y B entonces C"

En este caso de Lógica Blanda no se usan ni conjuntos rígidos, ni números rígidos, ni operadores rígidos. Una definición de conjunto rígido sería la siguiente función:

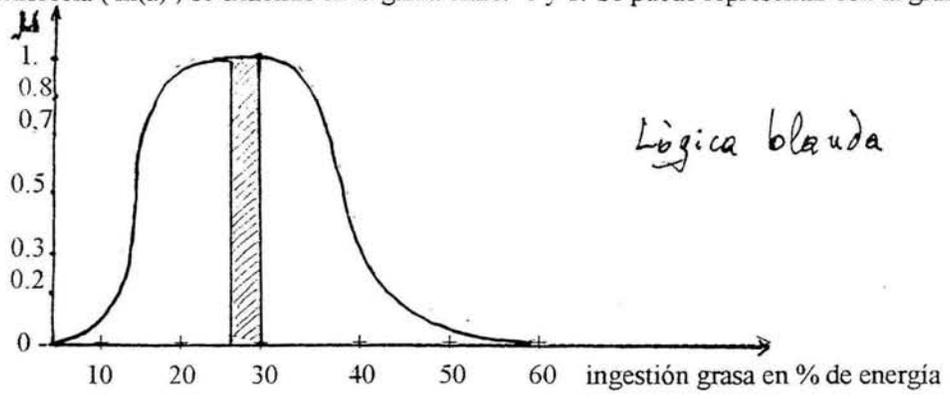
$$\mu(a) = \begin{cases} 1 & \text{si } a \in A. \\ 0 & \text{si } a \notin A. \end{cases}$$

También pertenece a la lógica rígida, bi-valente. el ejemplo siguiente. El caso de aceptación, de la ingestión de grasa, desde el punto de vista de un dietista no-experimentado, es rígida.



Solo se permite ingerir grasa de 25 a 30 % de energía. Así en el area permitida unicamente se da la membrecía 1; el resto tiene membrecía 0. La lógica rígida es bivalente: 'membrecía'—'no-membrecía' (como verdadero-falso, no culpable-culpable).

B. Para definir el caso en términos blando, se debe definir el grado de la función de membrecía. La función de membrecía (m(a)) se extiende en la gama entre: 0 y 1. Se puede representar con la gráfica siguiente:



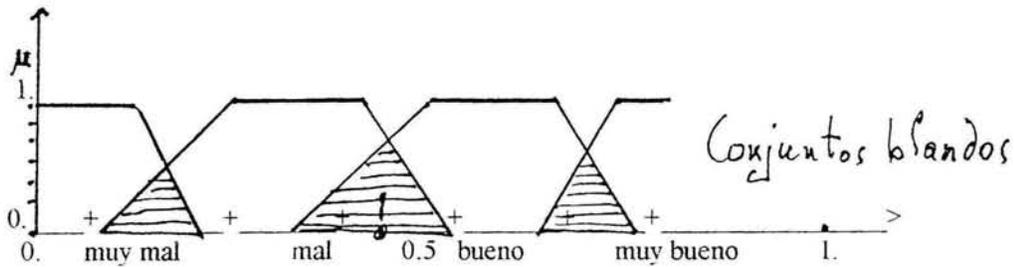
La curva blanda de la gráfica representa los niveles de aceptación, de grasa ingerida, desde el punto de vista de un dietista con experiencia. Después de algunos años de experiencia el dietista empieza a ver que el nivel de aceptación no cambia de forma rígida, abrupta, sino continua. La ingestión de grasa, de 25 a 30 % de energía, es óptima; pero existen áreas muy cerca del óptimo, que son todavía aceptables. El grado de aceptación (= la función de membrecía) disminuye, cuanto más se aleja de lo óptimo.

Es importante notar que esta curva, no es comparable a la clásica curva de campana, o normal de distribución, por que en aquella se trata de cálculos estadísticos exactos, es decir rígidos, pertenecientes a la lógica bivalente. Aquí se trata de una acción distribuida por áreas, que varía en eficacia de una forma continua, y no simétrica. Por tanto el grado de la función de membrecía (al subconjunto blando), cambia de un nivel cero hasta un máximo y luego regresa a un mínimo.

Esta gráfica es considerada la "curva-característica" de la "función de membrecía" de un conjunto blando. (no bivalente sino plurivalente).

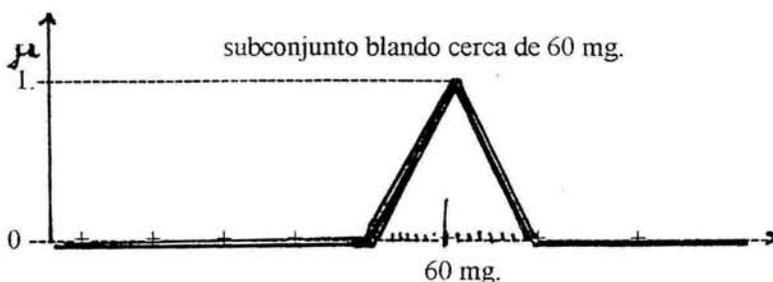
9. PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN LINGÜÍSTICA

Cómo se ha visto la Lógica Blanda es una lógica plurivalente. Por tanto se dan grados de membrecía, más o menos verdadero o más o menos falso, de pertenencia a un subconjunto.



La función de membrecía puede ser interpretada verbalmente con un segundo tipo de subconjuntos blandos en contraste con el primero que ya se vió.

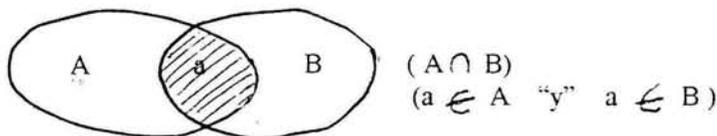
Los números en la lógica blanda tampoco son rígidos. Un número rígido es, por ejemplo, 60 mg. de vitemina C. En realidad este número no existe. En la Lógica Blanda un número es descrito con un 'subconjunto blando'. La curva característica se muestra en la gráfica que sigue.



El valor de 60 mg. es definido de un modo más realista, con un conjunto blando. Este tiene en cuenta un error de desviación.

La Lógica Blanda multimétrica utiliza los mismos operadores de la lógica bivalente, rígida, pero con fórmulas diferentes; sea que se trate de intersección (\cap) o de reunión (\cup) de subconjuntos.

La INTERSECCIÓN DE CONJUNTOS en la lógica bivalente, rígida, toma esta imagen:



y la fórmula de la función rígida de membrecía de (A B) es:

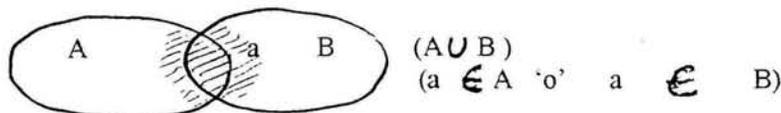
$$\mu(a) = \begin{cases} 0, \text{ si } (a \notin A \text{ 'y'} a \notin B) \\ 0, \text{ si } (a \notin A \text{ 'y'} a \in B) \\ 0, \text{ si } (a \in A \text{ 'y'} a \notin B) \\ 1, \text{ si } (a \in A \text{ 'y'} a \in B) \end{cases}$$

De la misma INTERSECCION

la fórmula de los grados de función de membrecía de 'subconjuntos blandos' es:

$$\mu(a) = \min \{ (\mu_A(a), \mu_B(a)) \}$$

La REUNIÓN DE CONJUNTOS en la lógica blanda (multimétrica), toma esta imagen:



y la fórmula de los grados de la función rígida de membrecía de los subconjuntos (A B) es:

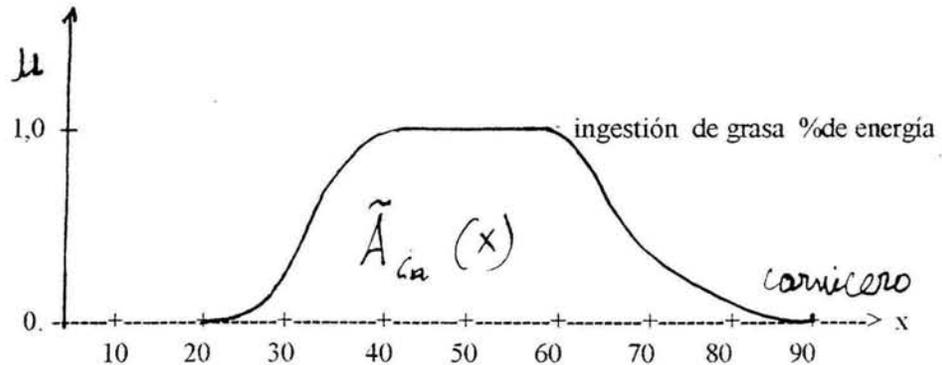
$$\mu_{A \cup B}(a) = \max \{ (\mu_A(a), \mu_B(a)) \}$$

COMPARANDO LAS DOS RELACIONES por grados de membrecía: de la intersección () y la reunión () de suconjuntos blandos, tendremos la definición generalizada.

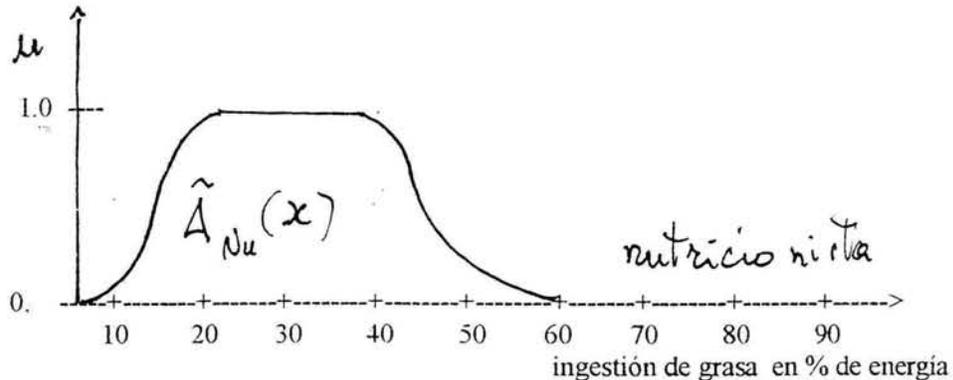
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Intersección: } \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(a) = \min \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a) \} \\ \text{Reunión: } \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(a) = \max \{ \mu_{\tilde{A}}(a), \mu_{\tilde{B}}(a) \} \end{array} \right.$$

10. PROBLEMA: DOS PUNTOS DE VISTA DIVERSOS EN LA NUTRICIÓN.

Considerando la ingestión de grasa desde los dos puntos de vista: del 'nutricionista experimentado' por una parte y del 'carnicero' por otra se puede demostrar la intersección acerca de la ingestión de grasa. Por eso es necesario introducir el "subconjunto-blando" de la ingestión de grasa desde el punto de vista del carnicero.

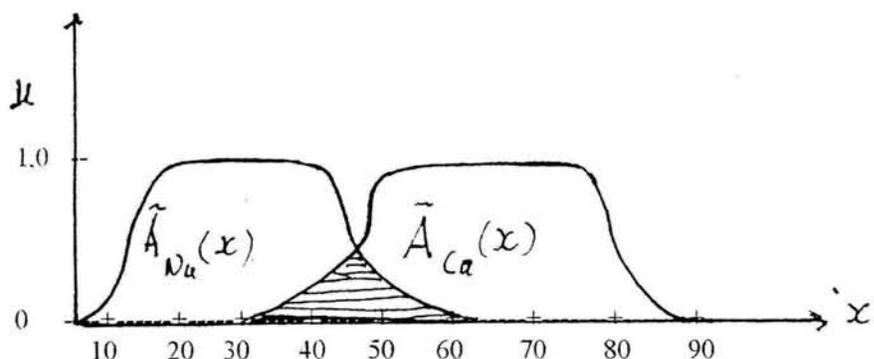


La aceptabilidad desde el punto de vista del carnicero. Es necesario que se considere como lo 'óptimo' una ingestión de más del 50 % de grasa. La aceptabilidad disminuye si hay menos grasa. Si se busca encontrar una aceptabilidad común al carnicero y al nutricionista habrá que representar la intersección de los dos puntos de vistas (= 'y')



El área común de aceptabilidad de ingestión de grasas desde el punto de vista del nutricionista y del carnicero es el área sombreada. Si alguien trata de encontrar una ingestión aceptable para el nutricionista y el carnicero deberá representarla con la intersección 'y'. (\cap). La teoría de la lógica blanda permite que haya cierta medida de coincidencia entre el carnicero y el nutricionista experimentado.

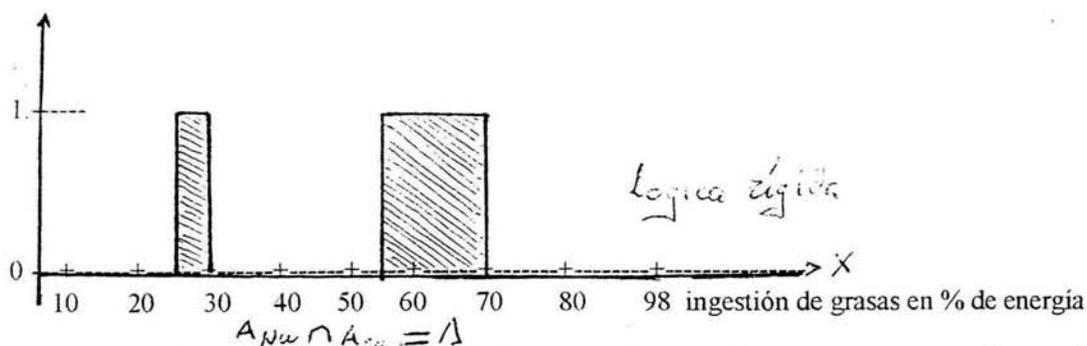
La ingestión de grasa aceptable desde el punto de vista del nutricionista y del carnicero.



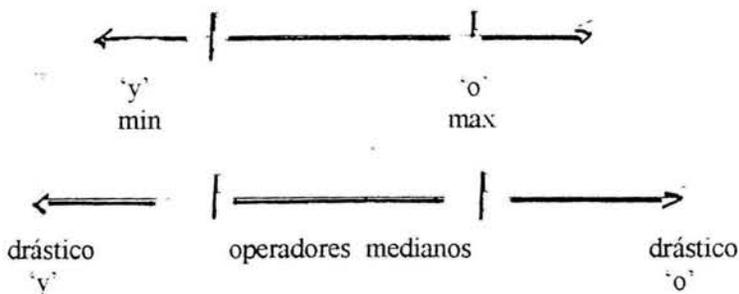
Puede comprobarse por esta gráfica, que algo común es aceptable para el nutricionista y para el carnicero, lo cual sería imposible con una lógica rígida y bivalente. El área señalada es fundamental para el que desee tomar una decisión. Esta corresponde a un óptimo posible de la función de membrecía. Sobre esta base puede establecerse un compromiso.

En el ejemplo dado, la función de membrecía para la intersección (\cap) de los dos subconjuntos da un compromiso cerca de un 45% de grasa. Los dos mundos, del nutricionista y del carnicero, son distintos.

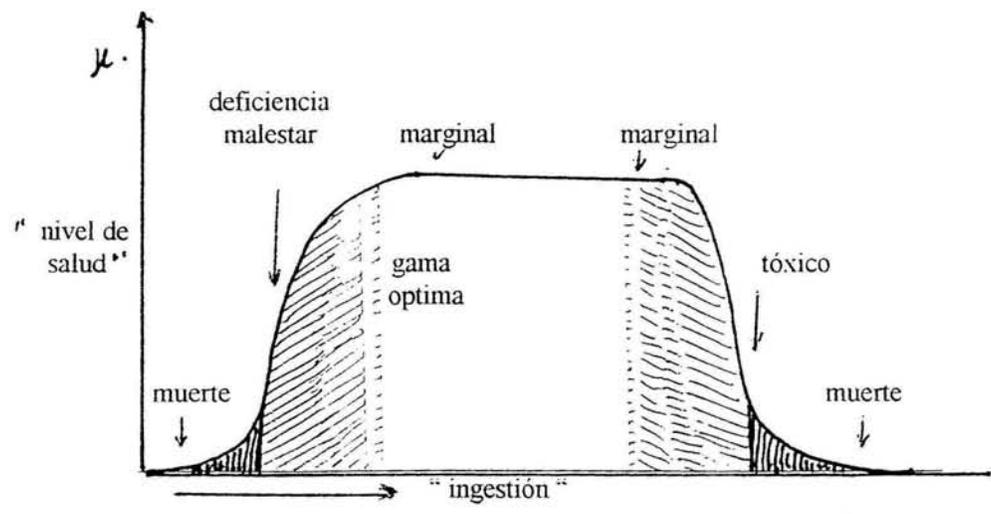
En los subconjuntos de la Lógica Blanda se puede encontrar un compromiso mientras con la lógica rígida bivalente, o clásica, sería imposible.



Además hay operadores típicos para la lógica blanda. Los operadores medianos se usan a menudo para hacer compromisos. El contexto es el que decide cuales operadores emplear, y cuál pueda arrojar mejores resultados.

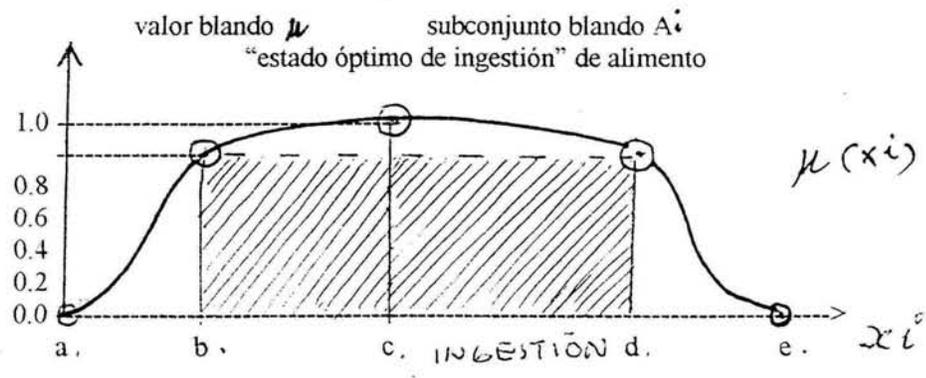


La Lógica Blanda es de uso corriente, para calcular los principios de la nutrición. Se construyen diagramas que muestran el grado de salud que varía al variar la ingestión de un alimento, cuando el resto de la dieta permanece invariado. Pongamos un ejemplo en la curva siguiente.



Existe una área muy peligrosa de baja ingestión, una área de deficiencia y malestar, una área marginal, y una gran área de gama óptima. En esta, la salud no disminuye ni aumenta cuando la ingestión es cambiada. Para muchos alimentos es una gama muy extensa. Pero no hay una figura de ingestión óptima absoluta.

La ingestión de dieta recomendada, o la ingestión de alimento de referencia, tiende a estar en lo alto a la caída de la curva, a la izquierda, en el diagrama. Al otro lado existe una área marginal de fuerte ingestión, una área tóxica y nuevamente al final una área realmente peligrosa. Este diagrama puede también ser interpretado como una curva que describe "la ingestión mejor". También puede usarse para -- "definir los subconjuntos blandos" --.

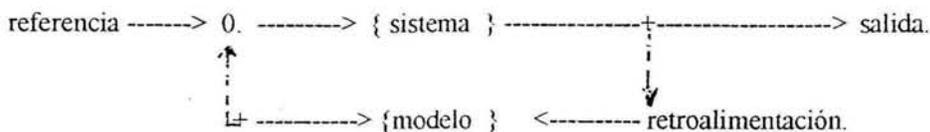


En el caso de un subconjunto blando de "Ingestión óptima": $\mu(x_i)$ se llama ahora la función de membresía o 'grado' de membresía de la ingestión x_i , en el subconjunto blando A_i . La función de membresía puede variar de cero (no-miembro) a 1 (= membresía clásica de los conjuntos rígidos). Todos los valores de cero a uno, pueden describirse verbalmente. En la lógica blanda las variables lingüísticas pueden usarse con esta intención. Estas estas son variables cuyos valores no son números sino palabras o enunciados en un lenguaje natural.

11. QUÉ ES UN CONTROLADOR BLANDO ?

El objetivo de un 'control' es el de influir en la conducta de un sistema, cambiando la alimentación (input) al sistema, de acuerdo con una regla o un conjunto de reglas, que dan la pauta al sistema para que trabaje. El sistema a controlar puede ser mecánico, eléctrico, químico, o la combinación de estos.

La teoría clásica de controladores emplea un modelo matemático, para definir la relación que transforma el estado deseado (exigido) y el estado observado (medido) del sistema en alimentación, (input) o informaciones, que alteren el estado futuro del sistema.



El caso más común de modelo de control es el controlador PID (proporcional - integral - derivativo). Este toma la "salida " (output) real del sistema y la compara con el 'estado deseado 'del sistema. Ajusta el valor de entrada (input) basado en la "diferencia" entre los dos valores ,siguiendo la ecuación siguiente:

$$\text{salida} = A.e + B. \text{INT}(e) dt + C.de/dt$$

Donde ' A,B,C' son constantes , 'e' es el término del error , ' INT(e) dt' es el integral del error sobre el tiempo. y 'de/dt' es el cambio en el término del error. El mayor inconveniente de este sistema es que este de ordinario supone que el sistema sea modelado como lineal, o cuando menos se porte en cierto modo que tenga una función mono-tónica. Como aumente la complejidad del sistema , se vuelve más difícil formular este modelo matemático.

El controlador Blando, substituye ,en la figura trazada, el papel del modelo matemático como otro que es contruido con una cantidad de pequeñas reglas que en general solo describen una pequeña sección de todo el sistema. El proceso de inferencia los mantiene unidos para producir la 'salida' (output) deseada.

Es decir un Modelo Blando, ha sustituido el matemático. Las informaciones de 'entrada y de salida' han permanecido invariadas.

12. UN SISTEMA-EXPERTO BLANDO.

Un Sistema Experto, puede adoptar la Lógica Blanda en lugar de la lógica bivalente 'booleana'.Será entonces una colección de 'funciones de membrecía' y de reglas ,que se utilizan para razonar acerca de los datos.Diversamente de los Sistemas Expertos corrientes ,que son esencialmente motores de razonamiento simbólico, el sistema experto blando, es orientado hacia el procesamiento numérico. Las reglas en un sistema experto blando se parecen de ordinario a la siguiente:

si 'x' es 'bajo' y 'y' es 'alto', ----> entonces 'z' = 'mediano'.

donde 'x' y 'y' son entradas (input) variables {nombres de valores de datos conocidos }, 'z' es la salida variable { un nombre para valores de datos a calcular } , 'bajo' es una función de membrecía (de un subconjunto blando) definida por 'x' ; 'alto' es una función de membrecía definida por 'y'; y 'mediano' es una función de membrecía definida por 'z'.

La parte de la regla entre: 'si' ...y ...'entonces' ---->, es la 'premisa' o 'antecedente' de la regla. Esta es una expresión de la Lógica Blanda, que describe : hasta cuál grado, la regla es aplicable.La parte de la regla que sigue el 'entonces' ---->, es la conclusión o 'consiguiente', de la regla. Esta parte de la regla atribuye una 'función de membrecía' a una, o más variables de salida (output) . La mayoría de los instrumentos para trabajar con un sistema experto de lógica blanda , permiten derivar más de una conclusión de cada regla.

Un sistema experto típico posee más de una regla. La 'colección' de las reglas, es conocida generalmente como "una regla—base" , o un " conocimiento—base".

Proceso de Inferencia.

Establecidas las reglas, y las funciones de membrecía, se debe conocer cómo aplicar este conocimiento a valores específicos de variables de entrada (input) para calcular los valores de las variables de salida (output) . Este proceso es denominado 'inferir'.En un sistema experto blando, el proceso de inferencia es un compuesto de las actividades (o sub-procesos) de : ablandamiento, implicación, composición y des-ablandamiento, como se ha aclarado antes (el proceso de des-ablandamiento es opcional).

Para el ejemplo que se ha empleado, se supuso : que el lapso de intervalo, entre las variables 'x,y...z' era de 10, intervalo [0,1], y las reglas de las funciones de membrecía, las que se han apuntado en la página 4.

es decir: 'bajo' (v) = 1 - v / 10
 'alto' (v) = v / 10

Y las reglas :

- regla 1. si x es bajo y 'y' es bajo, entonces z es alto
- regla 2. si x es bajo y 'y' es alto, entonces z es bajo
- regla 3. si x es alto y 'y' es bajo entonces z es bajo
- regla 3. si x es alto y 'y' es alto entonces z es alto

Las reglas son las mismas que en la pág. 4. para el proceso de ablandamiento, MIN, y PROD. es decir que a la variable de salida 'z', se le asigna un conjunto de valores, de subconjuntos blandos ('bajo' o 'alto').

Además:

1. En este ejemplo: 'bajo v' + 'alto v' = [1.0] para todo 'v' (aunque no necesariamente).
2. El valor de 'v' para el cuál el 'bajo v' es el 'máximo', es el mismo que el valor de 'v' para el cual 'alto v' es 'mínimo', y vice versa (aunque no necesariamente).
3. La misma función de membrecía, se emplea para todas las variables. (aunque no necesariamente).

Ablandamiento.

En el sub-proceso de 'ablandamiento' las funciones de membrecía, definidas por las variables de entrada (input), se aplican a sus valores reales, para determinar el grado de verdad de cada regla. El grado de verdad para la premisa de una regla, es considerado como su "alfa". Si la premisa de una regla posee un grado no-cero de verdad, (cuando la regla se aplica a todo) entonces se dice que la regla está en el foco.

		1		2		3		4	
x	y	bajo(x)	alto(x)	bajo(y)	alto(y)	alfa 1	alfa2	alfa3	alfa4
0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
0.0	3.2	1.0	0.0	0.68	0.32	0.68	0.32	0.0	0.0
0.0	6.1	1.0	0.0	0.39	0.61	0.39	0.61	0.0	0.0
0.0	10.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
3.2	0.0	0.68	0.32	1.0	0.0	0.68	0.0	0.32	0.0
6.1	0.0	0.39	0.61	1.0	0.0	0.39	0.0	0.61	0.0
10.0	0.0	0.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0
3.2	3.1	0.68	0.32	0.69	0.31	0.68	0.31	0.32	0.32
3.2	3.3	0.68	0.32	0.67	0.33	0.67	0.33	0.32	0.32
10.0	10.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0

Inferencia

En el sub-proceso de inferencia, el valor de verdad para la premisa de cada regla es calculado, y aplicado a la parte de conclusión de cada regla. Esto, en un sub-conjunto blando, resulta ser asignado a cada salida (output variable para cada regla).

Las reglas de inferencia consideradas, son solo MIN, y PROD. En la inferencia MIN, la función de membrecía de salida es cortada a la altura correspondiente al grado de verdad, calculado para la premisa de regla. Algunos resultados son los siguientes.

Engamos que se aplique la Regla 1. por 'x' = 0.0 y 'y' = 3.2. Como se ve en la tabla anterior, el grado de verdad de la premisa da 0.68. Por esta regla la inferencia MIN, atribuye a 'z' el conjunto blando definido por la función de membrecía.

$$\left. \begin{aligned} \text{regla 1. (z)} &= \{ z / 10 \text{ si } z \leq 6.8 \\ &0.68 \text{ si } z > 6.8 \} \end{aligned} \right\}$$

En las mismas condiciones, la inferencia PROD atribuye a 'z' el subconjunto blando (= producto), definido por la función de membresía.

$$\left. \begin{aligned} \text{regla 1. (z)} &= 0.69 * \text{alto (z)} \\ &0.068 * z \end{aligned} \right\}$$

A veces los autores mezclan MAX-MIN con SUM-PROD, uniendo la 'composición y la inferencia': mientras aquí se separan :MAX para composición, y MIN para inferencia; SUM para composición y PROD para inferencia.

La Composición.

En el sub-proceso de la composición, todo subconjunto blando asignado a cada variable de salida (output) son combinados y unificados para formar un solo subconjunto blando por cada variable de salida (output).

Hay dos reglas corrientes de 'composición': MAX y SUM.

En la 'composición' - MAX, el subconjunto blando combinado, se construye tomando el punto de vista máximo entre todos los subconjuntos blandos asignados a la variable de salida (output) por la regla de inferencia.

En la 'composición' - SUM, el subconjunto blando combinado es construido tomando el punto de vista 'suma', sobre todos los subconjuntos blandos asignados a la variable de salida (output) por la regla de inferencia.

En este caso es posible que los valores de verdad sean más grandes de 1. Por ello la 'composición' -- SUM unicamente se usa cuando es seguida por un proceso de 'des-ablandamiento' como el método CENTROID que no presenta problema con este caso.

Por ejemplo, asumiendo que 'x' = 0.0 y 'y' = 3.2. La inferencia MIN asignará a 'z' los cuatro subconjuntos blandos:

$$\left. \begin{aligned} \text{regla 1. (z)} &= \{ z / 10, \quad \text{si } z \leq 6.8 \\ &0.68, \quad \text{si } z > 6.8. \} \end{aligned} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{regla 2. (z)} &= \{ 0.32 \quad \text{si } z \leq 6.8 \\ &1 - z/10 \text{ si } z > 6.8 \} \end{aligned} \right\}$$

$$\text{regla 3. (z)} = 0.0$$

$$\text{regla 4. (z)} = 0.0$$

La composición MAX resultaría con el subconjunto blando,

$$\text{blando (z)} = \left\{ \begin{array}{ll} 0.32 & \text{si } z \leq 3.2 \\ z / 10, & 3.2 \leq z \leq 6.8 \\ 0.68 & \text{si } z > 6.8 \end{array} \right\}$$

La inferencia PROD asignaría a 'z' los cuatro subconjuntos siguientes:

$$\left. \begin{aligned} \text{regla 1. (x)} &= 0.068 * z \\ \text{regla 2. (z)} &= 0.32 \sim 0.032 * z \\ \text{regla 3. (z)} &= 0.0 \\ \text{regla 4. (z)} &= 0.0 \end{aligned} \right\}$$

✓

La 'composición' SUM resultaría con un subconjunto blando :

$$\text{blando}(z) = 0.32 + 0.036 * z.$$

ii. Des-ablandamiento.

Hay muchos métodos de des-blandamiento (más de treinta) pero los más corrientes son :CENTROID y MAXIM.

Con el método CENTROID se calcula el valor rígido de la variable de salida (output) buscando el valor variable del centro de gravedad de la función de membresía para el valor blando.

Con el método MAXIM una de los valores variables , en el cual el subconjunto blando posee su valor máximo. de verdad. es elegido como valor rígido para la variable de salida.

En el método MAXIM hay algunas variaciones cuando hay más de un valor variable en el cual acaece este máximo valor de verdad. Uno de ellos es el metodo del PROMEDIO-DE-MAXIMA que arroja el promedio de los valores variables en que acaece el máximo valor de verdad.

En el ejemplo dado, usando la inferencia MAX-MIN y el desblandamiento por medio PROMEDIO-DE-MAXIMA resulta un 'valor rígido' de 8.4 para z.

En la práctica el conjunto de pares ordenados puede presentarse en el modo siguiente.

Dos conjuntos blandos se expresan con un valor de membresía que depende de los pares ordenados. Cuando se trata de la intersección de dos conjuntos diferentes, como en el caso del nutricionista y del carnicero, o de un alto y un bajo, se registran los valores con las medidas respectivas.

En el caso que se enfoque el conjunto blando ; 'alto' (A) , los pares se presentan de esta forma (si se registran únicamente los centímetros arriba del metro (de ,1.51,1.53, etc..calculando las medidas blandas únicamente en la distancia entre 1.50m y 1.60m de alto.):

$$i. \text{blando}(A) = \{ ('x'), \mu(x) \} = (51.0),(53.02), (55.04), (57.06),(59.08),(60.1)$$

Desde la perspectiva del subconjunto 'bajo' blando (B) ,los pares ordenados serían :

$$ii. \text{blando}(B) = \{ ('x') \mu(x) \} = (51.1),(53.08),(55.06),(57.04),(59.02),(60.00)$$

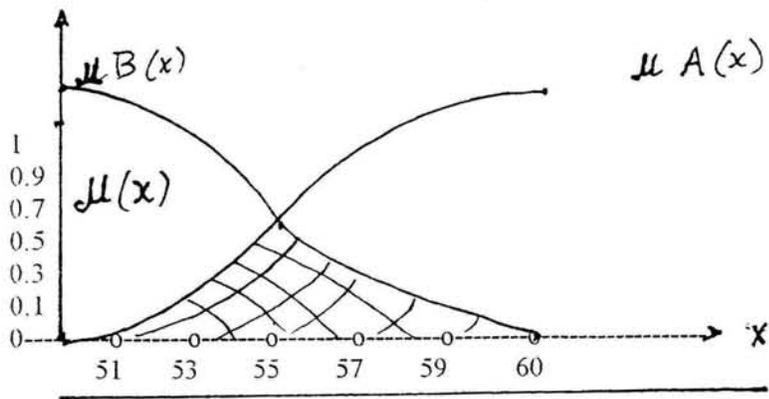
También la intersección va a consistir en un registro de pares ordenados entre blando (A) y blando (B).

$$iii. \text{MIN}(A \cap B) = \{ (51.0),(53.02),(55.04),(57.04), (59.02),(60.00) \}$$

La reunión de ambos conjuntos blandos resultaría así:

$$iv. \text{MAX}(A \cup B) = \{ (51.1),(53.08),(55.06),(57.06),(59.08),(60.1) \}$$

Como se vió en el caso del nutricionista y el carnicero, si se empleara el cálculo de conjuntos rígidos no habría posibilidad de un campo común. Utilizando el cálculo blando, los datos anteriores nos permitirían representar el área de intersección de ambos campos.



(μ = membresía)

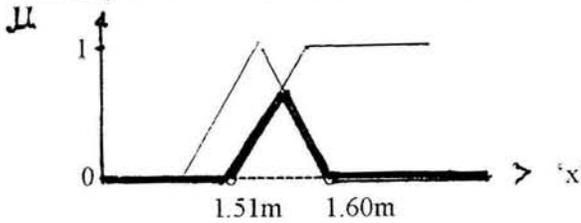
La intersección de los dos conjuntos blandos, denota la variación de la 'función-de-membresía', entre ambos. En este caso hay algunos elementos que pertenecen a los dos conjuntos de 'alto' y de 'bajo' correspondiendo al área sombreada.

REUNIÓN E INTERSECCIÓN DE CONJUNTOS BLANDOS

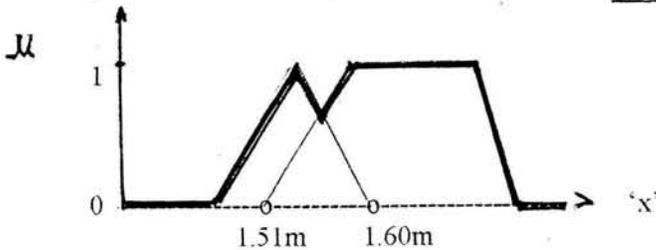
Recordando las oposiciones citadas de hombres altos y bajos, o la oposición entre jóvenes y adultos buscamos algunas soluciones concretas para visualizar las operaciones de inclusión, intersección y reunión de subconjuntos blandos.

1. La fórmula de 'inclusión' de F, H, conjuntos rígidos puede ser: $(x) (Fx \dots Hx)$
 Para dos suconjuntos blandos (A) y (B) será: $\{ U (x) \dots U (x) \}$
2. La fórmula de 'intersección' de F,H, conjuntos rígidos será $(x) (Fx \dots Hx)$
 Para dos subconjuntos blandos (A) y (B) será: $\underline{MIN [(x) (U (x) \dots U (x))]}$

Graficamente se puede ver la selección de un MIN de diferencias y de la función de membresía.



3. La fórmula de reunión de dos conjuntos rígidos F,H, puede ser: $(x) (Fx \dots Hx)$
 Para subconjuntos blandos (A) y (B), será: $\underline{MAX [(x) (U (x) \dots U (x))]}$



4. La relación de intersección entre F 'y' ~F conjuntos rígidos es $(x) (Fx \dots \sim Fx) = (\dots)$
 La relación de intersección entre (A) y (~A) blandos, es $\{ U (x) = MIN [(x) (U (x), U (x))]$
 y $\{ (x) [U \sim (x) = 1 \sim U (x)] \}$

Parece que la lógica blanda está más cerca del modo de operar del cerebro. Añadimos datos y formamos un número de verdades parciales, que luego unificamos en verdades de orden superior, que a su vez, cuando se superan ciertos umbrales, causan otros ulteriores resultados, como la reacción de un motor. Un proceso parecido es usado en las "redes neurales" de ordenadores artificiales y sistemas expertos.

Hay que advertir que la lógica pluri-valente no sería inteligible sin la bi-valente; así como el número tres no sería inteligible, sin el número dos. Cuando se establece una sucesión (de puntos, de números, de tiempos) al mismo ya se establece un orden binario, como unidad de medida, que hace posible la sucesión (cada número natural es $= a+1$ como los números negativos son $a+(-1)$)

Se trata de series que se complementan, pero que implican cierto proceso genético, que es insoslayable. De este modo podemos seguir exponiendo otros detalles de la lógica de "multimétrica" sin miedo a que esta cree un conflicto con el gran mundo de la lógica que se ha desarrollado en el pensamiento humano: se trata únicamente de jerarquías subordinadas.

13. UNA LÓGICA BLANDA MULTIMÉTRICA.

Los "valores parciales", son prácticamente todos los valores y los objetos que se captan en la experiencia inmediata y directa. La experiencia, según E. Husserl, genera la opinión (dóxa). Una opinión puede ser corregida por otra experiencia, pero nunca llega a ser "Verdad". La experiencia no es nunca verdadera ni falsa. La experiencia solo funda el conocimiento de las cosas, y el habla, que florece sobre la misma. La verdad o falsedad, formalmente hablando, se encuentran en la mente que afirma o niega un conocimiento: la verdad es propiedad del intelecto y del habla.

Es cierto que una experiencia está conectada sin discontinuidad con el mundo lógico; pero no se confunde con este. Y decir que: la experiencia es variable, indistinta, sin límites precisos, sin categorías, sin taxonomías, continua, no es un salirse de la lógica, ni inventar otra. Es un hacer cálculos sobre datos concretos: divididos, repartidos, comparados, medidos, para resolver ciertos problemas. No es una novedad, solo puede ser un enfoque más acucioso, más atento, a las variaciones experimentales.

Pero en el momento en que se hacen cálculos, se mide, se divide, y se nombran las partes, en ese momento se hace énfasis en los conceptos, palabras, conjuntos, figuras, que son entidades lógicas, y precisamente de la lógica bi-valente. El cálculo no puede ser borroso, ni indefinido, ni variable. Para entender esta distinción es necesario separar formalmente dos niveles del conocimiento: el de la experiencia y el de la medida.

a) nivel experiencial = dóxico.

b) nivel calculador = tético (epistemológico, lógico y axiológico).

Observando con atención ambos niveles se ve claramente que no puede haber confusión entre los dos: la experiencia que poseen sus propias características (concretas, cambiantes, particulares), mientras el cálculo posee otras (fijas, abstractas, generales).

— a) La variabilidad de la experiencia como aproximación al mundo-real, no es una novedad, cada uno lo puede comprobar en su propia vida. El contenido de la experiencia es cambiante. Cada nueva experiencia modifica la anterior, la confirma o la cambia, nunca hay dos experiencias iguales. El acto de experimentar es un acto humano y conciente, pero definido y dominado por la realidad, física, viviente, emotiva, o especulativa; que se da objetivamente, en el contacto con todo género de seres. En cierto sentido estamos dominados por la experiencia, y el ser experimentado nos impone sus propias leyes objetivas. La experiencia no hace distinciones, entre el árbol y la selva, el valle y el río que lo corta, la montaña y el fuego interior que la sacude, la nube y la lluvia que nos cae, la luz y el sol que la irradia. La experiencia es variada y continua, única y diversa al mismo tiempo, abierta y cerrada, idéntica y diversa. Tengo la experiencia de una persona, por su físico y su carácter, su inteligencia y su moralidad, su simpatía o su hostilidad, según los casos.

Quié, entonces, define la experiencia, y le pone límites? quién la separa, y fragmenta, en trozos? quién encuentra las partes donde no hay partes? quién la ordena en sucesiones? quién la numera en sus progresiones y disminuciones? R/: -- "Únicamente las actividades lógicas."

— b) Las actividades lógicas son 'téticas' = posicionales. Yo separo el arbol de la selva, el tronco de sus raíces, la nube de la lluvia, el volcan de su fuego, el río de sus curvas serpentinatas: mido lo alto del monte y lo profundo del barranco y los convierto en cifras, imágenes, sombras y luces: hago pedazos la voz y la convierto en palabras. Todas estas son operaciones lógicas, no experimentales.

Entre a) y b) hay una distancia, lo experimental no es lo lógico, lo fluido de la experiencia no es lo definido de los pensamientos.

Puedo dividir un bastón en cuatro partes, un metro en diez decímetros, un milímetro en microns. Son puras operaciones lógicas, aunque no están ni en contra, ni separadas de la experiencia; solo se encuentran a un diferente nivel de la vida humana, son interdependientes. En ningún momento, una operación lógica es indefinida, o borrosa: un cuadrado es un verdadero cuadrado, un "si", es un verdadero si, un sentimiento es un verdadero sentimiento.

La realidad experimental ha sido delimitada, ordenada, organizada, puesta en sucesiones, igualdades, diferencias y nexos. Los contenidos experimentales, siguen siendo múltiples, vagos, mezclados, continuos. Mientras sus correspondientes conceptos, imaginaciones, ideas, sentimientos, son sumamente claros, delimitados: poseen formas, colores, profundidad, contrastes y relaciones.

Desafortunadamente, muchos teóricos no ponen atención a estas 'diferencias', y confunden lo borroso de las percepciones, con la nitidez de las ideas. La razón está en que los científicos, en general, hacen profesión de "positivista -lógicos" de nuevo tipo: es decir, 'positivistas-lógicos-blandos'. Un verdadero error, consistiría en negar que exista este nivel ideal y esta "diferencia". Esto es lo que causa los problemas. Veamos como se sitúa una postura exagerada, radicalista.

14. PERCIBIR VERSUS CONCEPTUALIZAR

Podemos distinguir los dos literales a) y b) con dos palabras: a) = percibir, b) = conceptualizar. De este modo quedan separados los dos niveles de la experiencia y del pensamiento.

a) Para establecer una secuencia, podríamos observar, en el "percibir", una serie de variaciones, según la serie:
 <<... desconocido ... pre dado ... conocido ... comprobado ... verificado... >>
 Con un ejemplo mas concreto, tendremos que hay variaciones entre:
 << Toda la tierra, casi toda, un 90%, 80%, 70%, 50%, 10%, 2%, N% >>
 Esta serie del "percibir" es precisamente la que analiza la Lógica Blanda.

b) También hay una serie en el "conceptualizar":
 << posible ... probable ... cierto ... ciertísimo innegable absoluto >>

Estos conceptos son fijos, bien delimitados y relativos a una supuesta TOTALIDAD, (a pesar de que su significado real sea: 'oscuro, indefinido, inseguro, incompleto, abstracto'.)
 La primera serie (a) se refiere a "contenidos", la segunda serie (b) se refiere a "formas" del conocer. El hecho de que muchos lógicos no conservan la separación de las 'dos' series, causa muchas confusiones; y da origen a una terminología de lógica-borrosa, la que es en si una expresión contradictoria.

Mejor sería llamarla: "cálculo de valores parciales" o multi-métrico, o Blando, por que consiste precisamente en reducir a: partes, fragmentos, conjuntos, términos, nombres, números y medidas, aquello que en la experiencia es: 'continuo, unificado, variable, impreciso, sin bordes precisos'.

En el círculo de los valores parciales, se formulan expresiones, figuras, porcentajes, probabilidades. Pero en esta formulación se utilizan conceptos, y estos conceptos no son borrosos, sino "parciales" y por otra parte precisos y nitidos. Son entidades-lógicas absolutamente precisas. Ej: Los valores: "1/3, 1/5, 1/8, etc. una mitad, un pedazo, la mayor parte, mas grande, inferior, etc..." son conceptos nitidos y rígidos.

Cada uno de estos conceptos parciales hace referencia a dos términos "extremos": Todo o Nada. Completo o Inexistente, Blanco o Negro: que son los términos contrarios entre los que se colocan las parcialidades. Estos conceptos, son "entidades -ideales" (según los llama E. Husserl) tanto los parciales, como los extremos se colocan a nivel lógico.

La expresión típica utilizada para comprobar la oposición es la afirmación y negación de un conjunto (A) : (A versus -A), (A 'y' -A) (A 'o' -A), (A ---> -A) que vale la pena analizar con mas atención.

15. LOS SÍMBOLOS Y SUS SIGNIFICADOS

La expresión (A 'y' -A) es ambigua: por que puede tomarse con un doble sentido: como una contradicción o como un "complemento" de dos conjuntos diferentes. Se presta, portanto a una doble lectura.

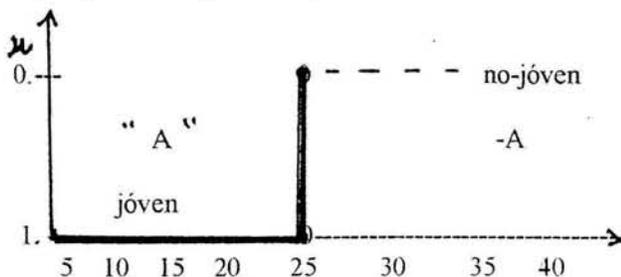
PRIMERA LECTURA.

1. Si (A 'y' -A) se toman como una "contradicción", esto significa que (-A) pone un limite a (A). Este limite no es nada más que un limite, no es un objeto material. Solamente nos dice que A es una entidad limitada; y termina en sus bordes, en cierto lugar y tiempo, o dimensión. En este sentido (-A) pertenece a (A) sin solución de continuidad. Es decir: no hay nada entre A 'y' -A.

Ej: Una mesa, termina ----> en 'no-mesa'. Una manzana termina en 'no-manzana', un círculo termina en 'no-círculo', etc.. Mas allá de la mesa no hay mesa, mas allá de la manzana no hay manzana. Todo ser positivo limitado tiene un borde final, que se expresa con la negación de sí--mismo. Pero esta negación no es una destrucción total sino unicamente la afirmacion de su limitación. En este caso, y en este sentido todo (A) tiene su (-A) todo objeto tiene su no-Objeto, como propiedad de su 'puro ser limitado'.

Tomada en este significado la expresión (A 'y' -A) es contradictoria: -A declara simplemente el limite de A.

Qué es un "límite"? La respuesta es: un limite no es nada. Un limite de un cuadrado, no es cuadrado, un limite de un conjunto no es un conjunto, un limite de una idea no es una idea. El limite no tiene ningún contenido ni significado, sino por el 'ser' del cual expresa el limite. Qué clase de entidad es pues? Es pura entidad lógica. En cuanto es una forma-lógica, tiene un significado perfectamente claro y definido, pero en cuanto a su 'contenido' es absolutamente vacío; solo cobra valor desde el ser cuya limitación expresa. En cuanto no es nada, se adhiere al objeto de que se trata. Es 'nada' aunque se conciba conceptualmente. En la mente es un concepto- lógico, en la realidad define el objeto, como la sombra define la luz. No hay separación entre la luz y su sombra: la sombra no es un ser, sino ausencia de luz. Tomemos un ejemplo repetido de la lógica fija, bivalente. Por ejemplo el conjunto de 'jóvenes.'



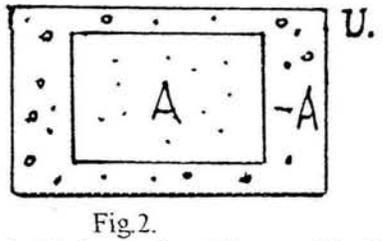
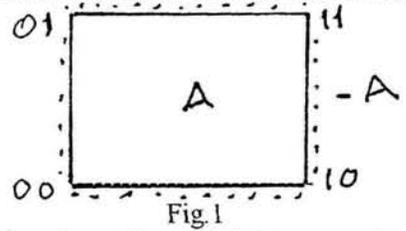
El joven es A. el limite es 25 años. Desde 5 a 25 años es el conjunto A y la membrecía de A. Este es el conjunto que interesa; entonces -A es simplemente el limite, no es un conjunto. Es como el árbol y su sombra, la mesa y su borde.

Decimos: 'el árbol proyecta su luz, y sabemos que el árbol no proyecta nada, unicamente impide que pase la luz. Su sombra es no-luz.

Ej: Entre(A)= mesa, y (-A)= no-mesa, no hay separación, ni hay otras entidades; solo "se dice" que la mesa tiene un limite: es un elemento del discurso: un concepto que se expresa con palabras.

Ej: <<Todos los hombres son mentirosos < --- > un hombre no es mentiroso>>. Entre Todos y uno, (entre la Totalidad y una unidad de esta totalidad, no hay contrariedad) no hay separación, el uno-no-mentiroso, pone el limite a Todos; le "contradice". No existen valores intermedios entre Todos-si y Uno-no. Es una

contradicción puramente lógica, pero en su contenido expresa : que algunos pueden ser mentirosos, pero hay un límite. Podemos visualizarlo con dos figuras:



En la primera figura, (A) es un cuadrado y (-A) es su límite. Nada se dice del contenido interno al cuadrado. (-A) no se contrapone al contenido, sino únicamente se opone al cuadrado en cuanto dimensión y marca su límite = es la "nada de cuadrado", como hay " nada-de-manzana, nada-de-mesa."

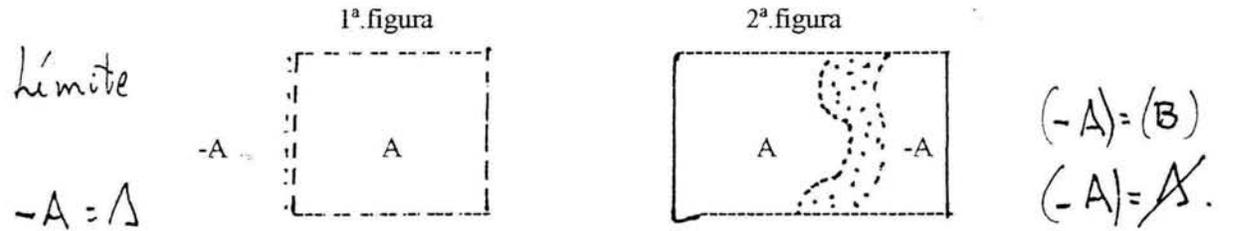
En la segunda figura, (A) es "un conjunto", y (no-A) es "otro conjunto", " con contenido propio contrapuesto al anterior (contrario). Es también su 'complemento', por que es la diferencia que le falta a (A) para llegar a U (dominio universal de la clase (A)). Esta segunda figura nos introduce a la Segunda Lectura de (A 'y' - A) .

SEGUNDA LECTURA.

Compare las dos oraciones:

- a) --<< Todos los hombres son mentirosos... uno no es mentiroso >>. (oraciones contradictorias) = (A) 'y' (-A).
- b) --<< Todos los hombres son mentirosos ... ninguno es mentiroso >> . (oraciones contrarias) = (A... 'y' ... -A) .

Las dos oraciones anteriores son muy diferentes. La primera contrapone una afirmación a su propio límite. La segunda contrapone un 'conjunto' (A), a otro 'conjunto' (-A). Sin embargo la notación simbólica es la misma; por eso hemos dicho que el signo(A 'y' -A) es una fórmula ambigua. Analicemos el segundo significado, que mas interesa. Es decir: hagamos una Segunda Lectura.



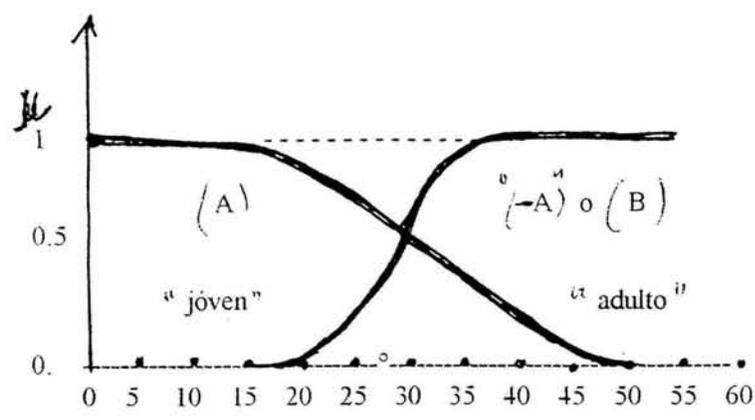
Ej.: (A versus -A) puede significar:- "todo lo que es esa-mesa ... (versus)... todo lo que no es esa---mesa".

En este caso se trata de dos conjuntos reales, el primero se expresa afirmativamente, el segundo negativamente. El límite todavía existe, entre A 'y' -A; pero no se toma en consideración. Lo que se toma en consideración son los dos 'conjuntos opuestos': de un lado y del otro lado del límite.

$$\left\{ \begin{array}{l} (A) = \text{todo lo que esta dentro de } (A) \text{ (=membrecia de } A \text{)} \\ (-A) = \text{todo lo que esta fuera de } (A) \text{ (= membrecia de } -A \text{)} \end{array} \right. \rightarrow \tilde{A} \text{ es diferente de } A$$

Si los representamos como dos conjuntos: (-A) será el complemento de (A). Los dos conjuntos son contrarios y en cuanto conceptos perfectamente delimitados. Entonces :(-A) puede ser igual a (B).o

bien diferente de B. No se trata aqui de un límite sino de un 'campo', real y medible. Entre (A) y (-A) pueden existir infinitas medidas diferentes, (= valores parciales). Entre dos expresiones contrarias siempre hay la posibilidad de fijar multiples posiciones parciales. Esta es la famosa lógica pluri--valente multi--métrica o Blanda, de que se habla .La fórmula {(A) 'y' (-A) } los define como dos conjuntos contrarios, o dos oraciones contrarias (dándole el sentido de la segunda lectura). Pongamos la oposición entre joven y adulto (no-jóven)



Cada posición intermedia entre los dos extremos contrarios es considerada como un valor diferente, independiente de los dos extremos. Consecuentemente no existe el blanco o el negro sino solo valores parciales intermedios: unicamente grises. Esto se entiende si uno se olvida de los conceptos lógicos y solo considera los elementos existenciales de la experiencia. La lógica "Blanda", no es una nueva lógica, sino unicamente la aplicación a valores parciales (entre contrarios) que forman objetos o conjuntos, prescindiendo de sus relaciones con los extremos.

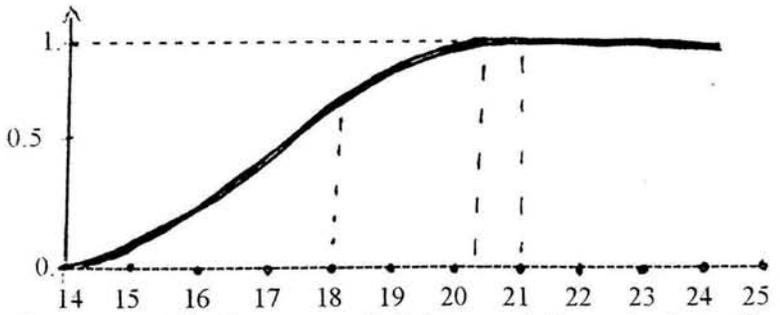
TERCERA LECTURA.

Nos preguntamos ahora si puede existir una 'tercera lectura' de la fórmula (A'y'- A). Esta debería efectuarse desde el punto de vista del 'límite'. Es posible encontrar un punto de contacto entre la Primera Lectura y la Segunda? Esta se haría "desde la nada-de-A". Si el Limite es la 'nada-de-A', debería ser una clase vacía. { (A) = 1 y (-A) = vacío }.

Entonces desde la primera lectura tendríamos que (A + -A) es igual a (A +). Es decir : La mesa llega hasta su limite. Su limite es " una nada de la mesa". Si A es la mesa (= es un conjunto) y -A es vacía (....) tendremos que la mesa es la mesa + su limite(A+). Consecuentemente generalizando, tendremos que cualquier objeto (limitado) es igual a si mismo mas el Conjunto-vacío. (....)

De otro modo, desde la Segunda Lectura, considerando que (-A) es un conjunto, y es el 'complemento' de A., tendremos que (- A) es subconjunto de la lógica Blanda ; es decir tendremos que entre (A) 'y' (-A) hay un conjunto intermedio que pertenece a ambos. Es un conjunto medible y variable que puede poseer multiples valores: desde un (A) rígido hasta un (- A) también rígido, pasando por un campo intermedio, un subconjunto blando. Desde una clase Total = ,V { = la diferencia de (U --A) } ... hasta un (-A) que sea equivalente a una clase vacía (...). Es decir desde un(A = V) hasta un (-A = V). O bien: desde un (A) vacío hasta un (-A) vacío. Que llegan a coincidir. En este caso el (- A vacío) sería igual al límite de (A).

El cálculo de la clase intermedia o subconjunto blando entre (A) y (-A) permite visualizar la variación de los fenómenos reales, como el advenimiento de la edad adulta.



Así, la Tercera Lectura captaría el nexo entre la Primera y la Segunda de una forma totalmente lógica: entre una lectura de oraciones "contradictorias" - y una lectura de oraciones "contrarias". No se olvide, que se trata de Lecturas diferentes y que dan al símbolo (A 'y' - A) un significado más preciso y diferenciado en cada caso, sin quitarle la original ambigüedad.

Lo mismo sucedería con un fenómeno natural como una montaña. Si A es una montaña, $(-A)$ es el límite de la montaña: $(-A)$ niega simplemente (A) ; es contradictorio, no admite gradaciones. No existe una...mas o menos montaña, cuando se establece un límite. El límite es necesariamente un concepto abstracto, y fijo. Así como la montaña, en cuanto concepto, es un ser fijo y abstracto. La montaña, en cuanto concepto, es un ser ideal al cual corresponde un objeto físico; mientras el límite como concepto es también un ser ideal al cual no le corresponde "nada-real." Tal resultado es fruto de la Primera Lectura.

En general se ignora la Primera Lectura: no solo se la ignora, sino se la niega. Únicamente se utiliza la Segunda Lectura. No se considera $(-A)$ como límite: solo se calcula $(-A)$ como "complemento". No se concibe el límite, sino solo las gradaciones--intermedias entre los extremos. Sin embargo en el momento en que se establece uno de los valores parciales, allí mismo se establece un límite conceptual, lo que se ha negado en teoría se admite en la práctica.

Los grises entre negro y blanco, no cambian la lógica, siguen siendo grises gracias al negro y al blanco. Una cosa son los hechos, (datos experimentales concretos), otra son los conceptos (realidad ideal mental). Los hechos son siempre particulares y concretos, mientras sus correspondientes conceptos son siempre generales y téticos.

El cambio, de una oposición - binaria a una multiplicidad de posiciones--intermedias: no es un cambio desde una lógica bi-valente a una lógica multi-valente; sino, desde una operación de dos variables, a una operación de múltiples variables. La base lógica sigue siendo de dos-valores, lo que nos permite calcular sucesiones de tres, cuatro o n variables. Una sucesión de variables (p,q,r,s, etc...) no implica un aumento de valores del código de cada variable: {que siguen siendo dos (V y F), es decir un código-binario.} En una ordenación siempre se establece una correspondencia binaria. En cualquier "sucesión" que se pueda trazar, la distancia entre un término y otro de la sucesión es constante, y es la unidad de medida, como lo demuestra Jagjit Sing (Teoría de la información, del lenguaje y de la cibernética (1966) p.62).

Ej. Sea dada la sucesión: 1,2,3,4,5,6, ... o bien: $1/2, 1/3, 1/4, 1/5, 1/6, \text{ etc } \dots$ La distancia entre $1 \rightarrow 2, 2 \rightarrow 3, 3 \rightarrow 4, \text{ etc.}$ es una distancia bivalente: (de 0 a 1) en cada caso; es decir un código binario. Lo mismo sucede en cualquier otra SUCESIÓN. Puede cambiar la medida, pero esta misma sirve de unidad constante, para establecer la sucesión, en un código binario. Y aún cuando la medida se concibiera variable, dentro de la sucesión, como en una curva creciente o decreciente, siempre se establecería sobre la base de una unidad binaria.

Por ejemplo en la sucesión: 2,4,7,11,16,22,29,37, etc...aunque la distancia sea variable. (no como en 2,3,4,5,6,7,8.) es fijada por un código-binario.

El Mismo Kosko (pag.216,217,218) utiliza los dos parámetros : de temperatura y velocidad, como "sucesiones" constantes y bi-valentes, para construir sus medidas multi-valentes". Todo diagrama cartesiano que se utilice para sustentar un cálculo, establece un código-binario.

Toda SUCESIÓN no es más que un "orden", entre dos términos (de 0 a 1) (Sing p.58). Esta potencialidad del "orden" la atribuye Sing al concepto de punto. "A cualquier sucesión de dos, tres, cuatro cinco, o más números, puede obligarse a actuar como 'locum-tenens' de algún "punto", en un espacio de dos, tres, cuatros, cinco dimensiones. Tales "espacios" son meras figuras retóricas.

Con dos variables y un código -- binario, nos enseña Sing (p. 59) podemos - determinar un espacio bidimensional, como la superficie de una página de un libro, que se puede representar con cuatro sucesiones de símbolos :- 00,01,10,11 - que representan las cuatro esquinas de un cuadrado: ABCD.

La distancia de uno a otro, está representada por un 'cambio': de 00 a 01, el cambio de la variable derecha; de 00 a 10, el cambio de la variable izquierda; de 00 a 11, el cambio de las dos variables. La "geometría de nuestro espacio está limitada por esta peculiaridad: las dos variables y el código-binario solamente nos dan cuatro posibilidades : cada variable solo ofrece dos cambios posibles, con ellos se cierra el cuadrado. (fig. 1)

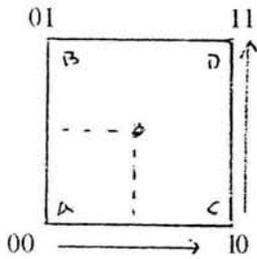


fig. 1

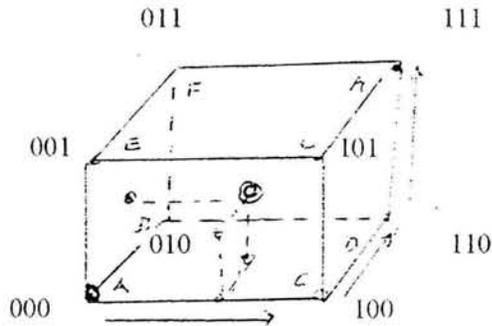


fig. 2

En este espacio - bi-dimensional o superficie, la distancia de cualquier punto interno de este "espacio de codificación" se podrá determinar por el número de "cambios" necesarios en la sucesión de los símbolos de uno para transformarlo en el otro que serían siempre dos como lo demuestra Kosko (en la pag.32), aunque cambien las medidas.

Pero si queremos construir un espacio de "tres -dimensiones" será necesario recurrir a tres variables (p.q.r.) la tres manzanas de Kosko (p. 29), o tres símbolos. La totalidad de las sucesiones desde los tres símbolos ..serán ocho: 000-100; 100-110; 110-111, 010-011, y los ángulos del espacio serán ocho : ABCDEFGH. Las distancias de estos puntos del espacio ,se obtienen contando el numero de cambios en la sucesión.

- El parametro izquierdo variará tres veces: 000-001, 001-011, 011-111.
- El parametro derecho tres veces: 000-100, 100-110, 110-111.
- El parametro añadido central, tres : 000-010, 010-011, 011-111.

Tendremos pues la medida 'k,' de un espacio-codificado ,tridimensional, si este se mide por el número de" cambios -standard requeridos.

Para determinar los puntos internos ,de este espacio, será necesario utilizar, por cada punto, tres variables: 1/2, 1/3, 1/4, etc... Aunque las medidas de las variables sean modificadas, aumentadas o disminuidas libremente, tres variables serán siempre suficientes, además del código - binario, para determinar cualquier punto del espacio tridimensional, y la "sucesión " de los mismos.

- Siguiendo el mismo método, podemos construir un 'espacio-codificado' con cuatro parámetros, o variables. Tendremos entonces una totalidad de dieciseis sucesiones ,logicamente coherentes.

En todos estos casos, se multiplican las Variables, y los Cálculos de los puntos , correspondientes a todas las dimensiones del espacio creado, pero el código bidimensional , queda presente, e involucrado en la realización de todo espacio-codificado. No se trata pues de la sustitución de una lógica bivalente, por otra multi-valente, sino de una multiplicidad de Variables que comparten un mismo código bivalente. De hecho el paso de cero a uno, es decir : con el primer " cambio " , que señala una medida en la SUCESIÓN, ya se realiza el paso de la unidad a la multiplicidad.

De 0 a 1, en la Primera Variable, se da una medida repetible, que fundamenta la sucesión ordenada, y abre camino a una dimensión limitada , en un espacio codificado-lineal. La introducción de una segunda variable , mueve la sucesión hacia la dimensión doble de la superficie, y una tercera variable hacia el espacio codificado tridimensional, y así sucesivamente. El espacio sigue siendo codificado con un código-binario, es decir , bi-valente, sin que esto interfiera con la multiplicidad de dimensiones de un espacio multi-valente. Al contrario, la bi-valencia del código hace inteligible la multivalencia del espacio. La segunda se desarrolla desde la primera.

Esto no significa que consideremos imposible ampliar el código de dos a tres o más valores, como se ha supuesto en el caso del "Diálogo con un Marciano". Pero no es este el caso que contempla la Lógica Blanda.

El nuevo dígito del código (desde la base dos, supuestamente llevado a una base tres, o más) no significaría una nueva medida del espacio, para acercarse más a la realidad de la experiencia, como sucede con la lógica blanda; sino que significaría abrir una nueva dimensión en la actividad especulativa de la mente. Lo cual es totalmente ajeno a los cálculos "borrosos" ,o mejor dicho, a la Lógica Blanda.

Lo que puede, y debe y ampliarse , en los cálculos, es únicamente el número de mediciones ,para aproximarse a las variaciones naturales, y de los valores parciales: es decir, enriquecer la entrada (input). Lo cual desde un punto de vista práctico, y aún teórico, es aceptable y puede conducir a la solución de muchos problemas reales.

Hemos recurrido al concepto de "oposiciones", para encontrar una plataforma sobre la cual discutir las propuestas del pensamiento blando. Tendremos que aclarar este concepto de ' oposición 'en sus posibles acepciones, para separar los diferentes niveles, teóricos y prácticos.

Las oposiciones entre terminos pueden ser mínimas o máximas. Las oposiciones mínimas se aproximan al cero total, mientras las oposiciones máximas abren un espacio entre los opuestos. Ya hemos visto que las oposiciones mínimas, llegan hasta ser contradicciones, mientras las oposiciones máximas llegan hasta las oposiciones extremas de las contrarias. Pero observemos un esquema que nos aclare estas afirmaciones.

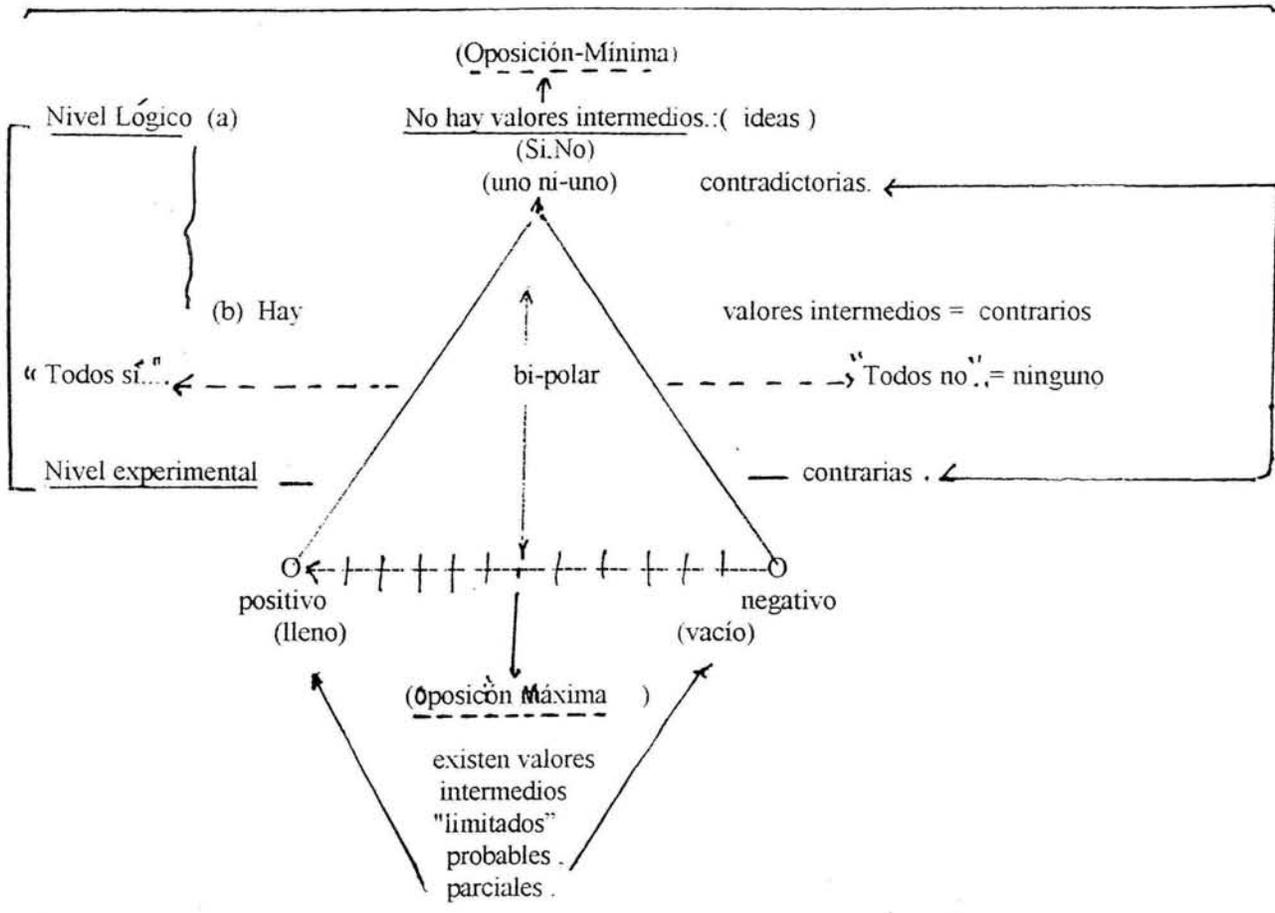
En este se han resumido los diferentes niveles de las oposiciones.: nivel especulativo o lógico, y nivel experiencial o de las mediciones. El primer nivel se divide en a) oposiciones contradictorias y b) oposiciones contrarias..

- a) Las contradictorias significan la oposición mínima, entre (A y $\neg A$) y no admiten ninguna medida intermedia por las razones aducidas anteriormente acerca del 'límite.' Estas corresponden a la que se llamó la Primera Lectura. Los conjuntos de este nivel son rígidos.
- b) Las contrarias , significan la oposición máxima entre dos ' extremos'. Admiten una serie indefinida de posiciones intermedias, entre (A) 'y' ($\sim A$) según lo explicado en la Segunda Lectura. Es el caso de la presencia de un eje semántico , entre los extremos rígidos, sobre el cual cabe distinguir esas posiciones intermedias, o parciales. Los subconjuntos de este nivel pueden ser Blandos.

Se puede explicar teniendo en cuenta que las oraciones contrarias, son oraciones con un solo predicado y dos argumentos. Ej.: " hombres razonan" (todos....ninguno). Que puede simbolizarse en el modo siguiente:
Ej: ('x') (Fx....., $\sim Fx$), = { por todo objeto x hay un Fx, ..(otros.)..., y un $\sim Fx$ }El eje semántico revela una doble polaridad: hacia el : "Todos sí... y hacia el Todos no."

En estas oposiciones el pronombre lógico "todos" juega un papel determinante para describir los extremos: " << Todos sí.....Todos no . >>. Mientras el predicado común es la parte que debe "ablandarse" .De hecho se podría encontrar que: { \sim ('x') (Fs, Ft, Fz, Fu,Fz,Fw.....Fn) } lo cual puede leerse: { (no todos) = algunos hombres razonan bastante, algunos lo suficiente, otros poco, otros escasamente, otros casi nada...}, según se hace variar el argumento, dejando intacto el predicado "razonan".

El segundo nivel es el de la actividad experimental que permite realizar las medidas ablandadas. Solamente se interesa por las oposiciones 'contrarias', con sus posibilidades de medidas aproximadas y blandas.



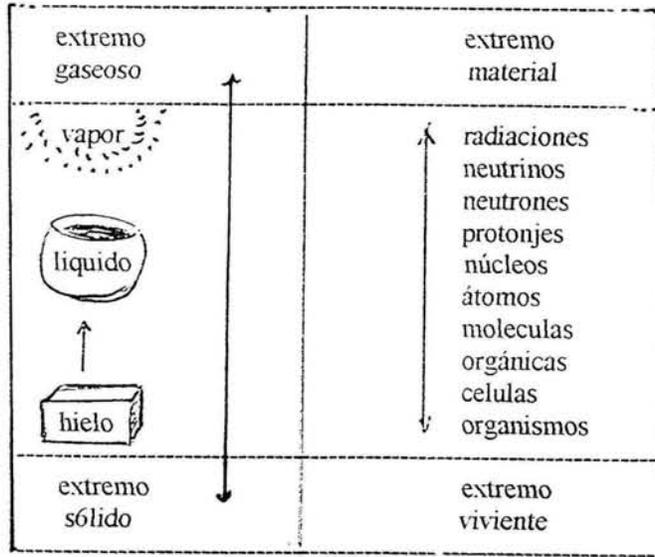
En el segundo nivel, experimental, hay una variación continua, desde una distancia ilimitada de las dos posiciones contrarias (oposición máxima) hasta una variación que disminuye la diferencia y que tiende a cero, hasta llegar prácticamente a nivel de las dos posiciones contradictorias (oposición mínima).

La Oposición-Mínima (contradicción) es la que posee la máxima fuerza lógica, por el carácter antitético de "Si-+No sí", pero también la mínima realidad, por su posición totalmente abstracta.

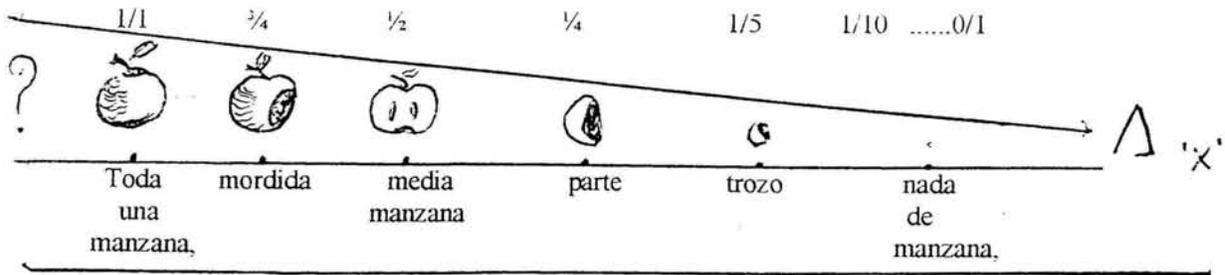
Sin embargo, como se evidencia en el esquema, no existe una ruptura, entre el mundo de la experiencia y el mundo de la especulación, el Nivel Experimental y el Nivel Lógico. Son dos niveles opuestos, pero interdependientes. O sea: se trata de una realidad humana compleja, y bi-polar. El nivel experimental (en cuanto se mide y las medidas son discretas) separa; mientras el nivel lógico reúne (a pesar de que sus conceptos son también discretos); no podría darse uno sin el otro.

El (+) y el (-) que se aplica para separar los valores parciales son también términos lógicos bi-polares. Podríamos multiplicar los ejemplos concretos para comprobar la existencia de los dos niveles y las situaciones intermedias.

En el mundo de la materia hay diversos estados físicos: la diferencia entre sólido-liquido-gaseoso, nos hablan también de una continuidad. En el mundo de las unidades materiales vivientes: desde un organismo compuesto por diversos sistemas, a los componentes últimos de la materia con que se integran, hay una innegable continuidad en la oposición.

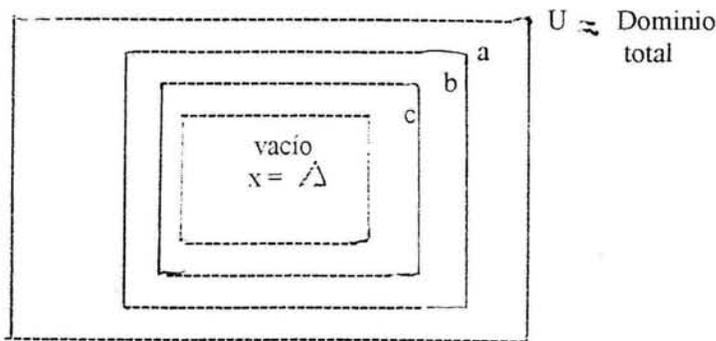


Aunque estas gradaciones se conceptúen como continuas, y así se perciban experimentalmente, es necesario separarlas con palabras y conceptos netamente opuestos para un conocimiento ordenado y secuencial. Estos modelos nos ayudan a comprender el esquema básico de la lógica Blanda, el de la manzana.

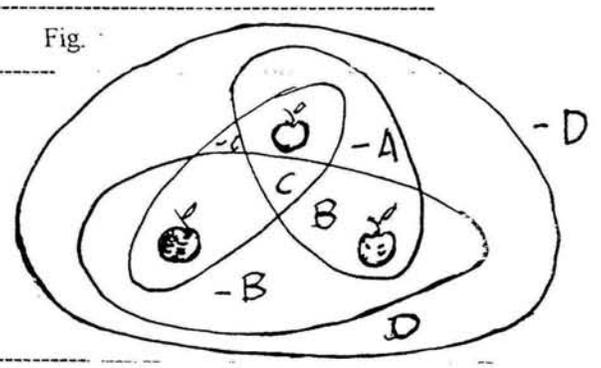
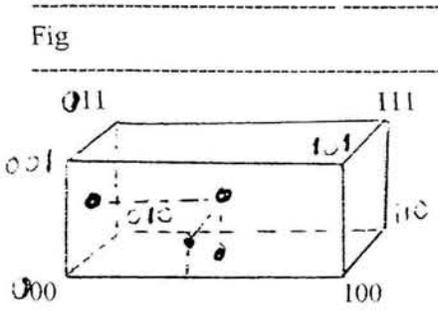


En la experiencia: << una manzana-entera <- - y - -> - nada-de-manzana >> corresponden a contrarios. Poseen pues un-eje semántico que permite medir un sin fin de tamaños parciales. Pero cada medida intermedia es conceptualizada, como una entidad diversa y netamente definida, gracias a los dos extremos, experimentalmente blandos, pero conceptualmente nitidos: Todo y Nada. Si el contenido es indeterminado, el concepto que lo capta, es decir la forma mental, es perfectamente definida e idéntica.

Igualmente si diseñamos una serie de conjuntos y sub-conjuntos incluidos, tendremos los dos extremos: (el dominio U como superconjunto rígido, y el último subconjunto rígido (la clase vacía).



Los dos extremos U =clase total V y Δ .- clase vacía, no son experimentables, sin embargo existen conceptualmente, y con su estabilidad bi-polar nos facilitan todas las medidas intermedias. Consideremos un ejemplo más, de los que Kosko expone en su obra, el cubo de Rubik, y las tres manzanas. El cubo es el mismo que Singh llama de R. W. Hamming.



En las aristas del cubo se añade el color rojo de las tres manzanas que : 000 =no tienen nada de rojo ; 111 = las tres son completamente rojas.El cálculo es el mismo de Singh.Ai mismo tiempo considera los conjuntos posibles de las tres manzanas como en la Figura.

$$(A), (B), (C); (-A), (-B), (-C); (D) = V; (-D) = \sqrt{\Delta}$$

1 2 3 4 5 6 7 8

Son exactamente ocho conjuntos; el resultado de tres-variables, con dos valores cada una, como lo son los ocho ángulos del cubo.

Por supuesto, estos miden unicamente los extremos es decir las superficies externas del cubo, mientras para determinar los puntos internos del espacio será necesario recurrir a medidas parciales, las que se obtienen igualmente con tres variables y un código-binario, como lo presenta Singh.

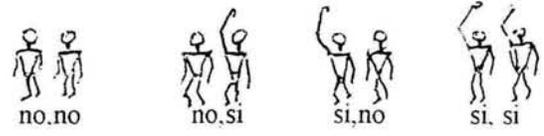
Aplicadas las tres manzanas a las aristas del cubo solo pueden variar de color de 0 a 1. (bivalentes). Pero el cubo en su interior está lleno de puntos determinables como:

01, 3/4, 1/4, 1/2, 1/5, 1/6, 1/8 etc , por cada variable....

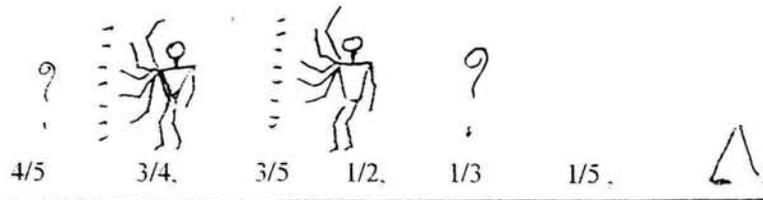
Si la medida es de : 1/2, 1/2, 1/2, se determina el punto central "del espacio cúbico."

16. PREGUNTAS Y RESPUESTAS.

Para terminar citemos todavia el caso de la pregunta a dos personas.—"Están conformes con su salario?"-- << Si están conformes, levanten la mano ! >> . Una respuesta con se términos contrarios contempla cuatro casos:



Pero al no contentarse con respuestas 'extremas' y pretendiendo entrarle a las variaciones de sentimientos; entonces podrían representar las dos personas , con las manos en posiciones variables , de este modo: _ _ _ _



o bien: << muchísimo, mucho, algo, medio, poco, muy poco, para nada ... >>

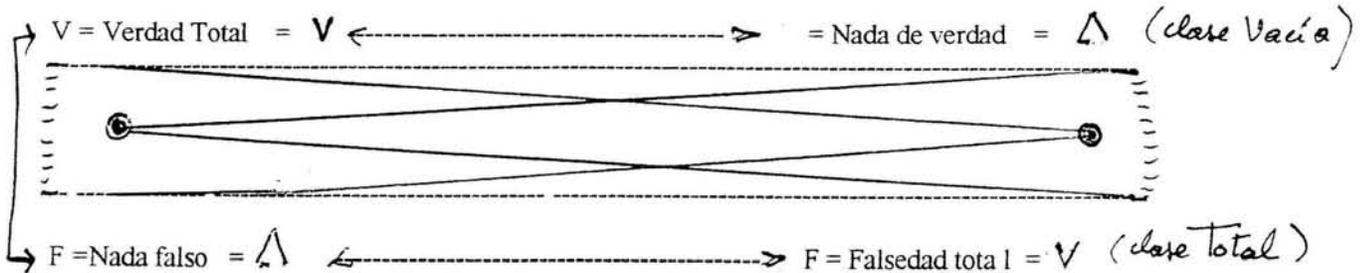
Registrar todas las posiciones es como registrar el espacio interno de un cuadrado o los puntos del espacio codificado en un cubo.

VERDADES Y VALORES :
Medidas de Verdad y Medidas de Valor.

La confusión se vuelve muy peligrosa en la mente de un teorizador positivista como Bart Kosko, en los dos capítulos que dedica a la Verdad y a la Moralidad. El haber anulado los 'términos conceptuales' produce un error fatal que se proyecta, en el hablar de la verdad, o de la moral. Entonces solo existen verdades parciales y solo existen valores indeterminados.

Consecuentemente no hay verdades ni hay valores. Se cae en un relativismo total, donde faltan absolutamente términos de comparación para establecer la verdad y el valor. Con las explicaciones dadas anteriormente se puede establecer claramente dónde se encuentra la falla.

Kosko considera lo V = verdadero y lo F = falso, únicamente como dos realidades concretas y de medidas parciales, como lo podemos esquematizar en la figura siguiente:



V= Verdad Total , parcializada = tiende a cero = Δ . (mientras la Falsedad correlativa crece hasta su totalidad.)

F =Falsedad nula, desde Cero (Δ) crece hasta alcanzar la Falsedad Total =V

La Falsedad total = V, implica una Verdad cero (Δ.)

La Verdad Total = V, implica una Falsedad cero = (Δ)

Si se consideran los subconjuntos parciales (Tercera Lectura), no ofrecen dificultad, teniendo en cuenta que: las medidas intermedias de Verdad; V = 3/4, 1/2, 1/3, 1/4, 1/5, ---son también conceptos fijos y delimitados aunque su valor se establezca caso por caso.

Igualmente las medidas intermedias de Falsedad F = 0, 1/5, 1/4, 1/3, 1/2, 3/4, ----> V; son medidas parciales definidas, conceptos discretos y claros, aunque cambie su significado.

Entre V=Total V. y V = cero (Δ.) hay variación : de más ---->a menos ; y entre F=cero(Δ) y F =Total (=V,) otra variación : de menos ----> a más. Ahora tanto los terminos extremos de Verdad-Falsedad (contrarios) , como los terminos parciales intermedios (V= 1/2) (F = 3/4) hacen referencia a dos terminos fijos como :

{ V, F
más-menos = conceptuales.

Y si encontramos un punto "mediano" de igualdad "{(F = 1/2) 'y' (V = 1/2)}, este punto de "igualdad" es otro concepto lógico, fijo y básico del que no podemos prescindir para "medir" valores intermedios. --

Portanto debemos concluir que tanto V=Total V. como F= Δ - y sus opuestos, en cuanto términos conceptuales, conceptos lógicos, fijos y definidos , son indispensables para hablar de verdades parciales. Si se eliminan los extremos fijos, se elimina el código binario que sustenta todas las medidas intermedias .

≡ Consecuentemente no será posible establecer ningún parámetro de verdad y falsedad, se cae en un relativismo radical en el que no caben, ni la verdad, ni los valores.

Por supuesto que no existen en la experiencias verdades "absolutas y completas". Y tampoco en el campo ético, no existen valores absolutos y universales, que "obliguen" a todos los hombres a comportarse de una manera común y determinística. La "experiencia", como se vió anteriormente, es siempre parcial y mal definida. Por otra parte, los valores, por su extraño carácter de valor, se captan solo con la intuición intelectual. Y esta actúa con ciertas limitaciones y variaciones.

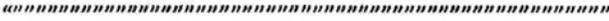
Sin embargo, las experiencias poseen un carácter "comunitario" entre seres humanos. { se 'comparten' } y se comunican entre personas: de tal forma que puede establecerse una verdad y una validez axiológica de ciertos hechos. Para que esto sea posible es necesario recurrir a los términos conceptuales, que Kosko ha negado enfáticamente. Pero como para sus medidas parciales, él mismo debe recurrir a un código binario, para hablar de verdad y de valores éticos es necesario igualmente establecer los términos extremos, que nos permiten comprender la realidad.

BIBLIOGRAFIA :

- Abraham, R.H. and C.D. Shaw, Dynamics, The. Geomtry of Behavior. Part Three: Global Behavior. Santa Cruz, CA. Aerial Press 1984.
- Buddha, The Dhammapada. N.Y. Directions 1955 Theachings of Compassionate Buddha. Penguin 1955. N.Y. Beacon Press, Boston 1966.
- Durnham W., Journey through Genius. The great Theorems of Mathematics. N.Y. Willey 1990.
- Fukunaga, K. Statistical Pattern Recognition, "2a Ed. N-Y. Academic Press. 1990.
- Gardner M.: Science, Good, Bad and Bogus. Oxford University Press. 1982
- Gibbins P. Particles and Paradoxes. The limits of Quantum Logic. Cambridge. Cambridge Univ. Press 1987
- Goleman D. The Meditative Mind, The varieties of Meditative experience. N.Y. St. Martin Press. 1988.
- Hawkins S.W. A Brief History of Time, From The Big Bang to Black Holes. N.Y. Bantam Books 1988.
- Kosko R., Foundations of Fuzzy Estimation Theory, Ann Arbor UMI, 1987
- Maynard Smith J., Evolution now. A century after Darwin. San Francisco W. H. Freeman 1982.
- Kreuger M. Artificial reality II. 2nd Ed. Reading M.A. Addison-Wesley 1991
- Bart Kosko, Fuzzy Thinking, N.Y. Hyperion. 1993
- Zadeh Lotfi, "The calculus of fuzzy Restrictions", in Fuzzy Sets and Applications to Cognitive and Decision Making Processes, (ed) L.A. Zadeh et al. Academic Press, N.Y. 1975.
- Bezdek James C., "Fuzzy Models. What are they and Why. IEEE Transactions on Fuzzy Systems. 1993.?"
- Joslin Cliff, "Possibilistic Semantics Measurement and Set Statistics "Complex Systems." In: Proceedings of the 2nd International Symposium, on Uncertainty Modeling and analysis. Bilal Ayyub Ed. IEEE Computer society 1993.
- David Sklansky, Mason Malmuth, Poker Gaming and Life: Fighting Fuzzy Thinking
- Daniel McNeill, Paul Freiberger, Fuzzy Logic: The revolutionary Computer Technology. 1999.

["Puesta al día", en febrero del año, 2000.]

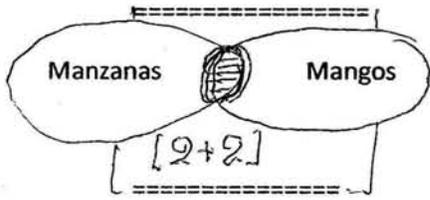
RELACIÓN ENTRE LÓGICA CLÁSICA Y LÓGICA BLANDA



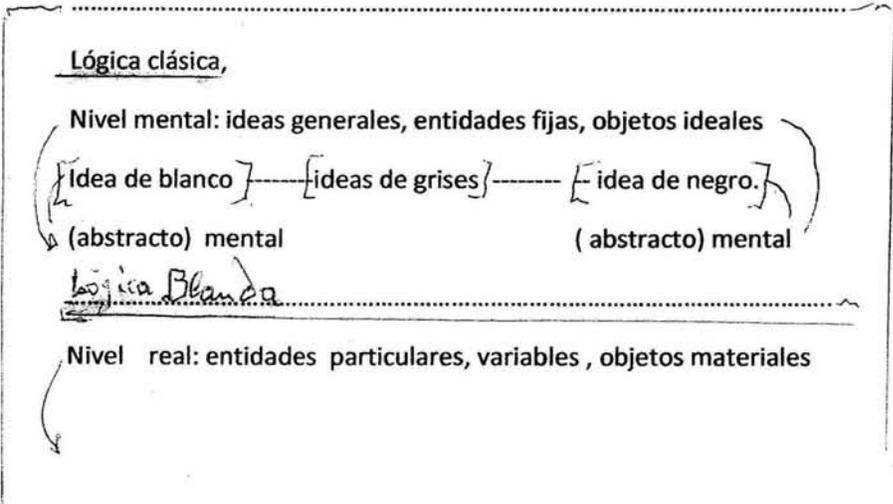
La lógica clásica opera con símbolo que solo existen en la mente: las variables :p, q, r, s, t, etc.; y sus relaciones: de igualdad, oposición, identidad, contrariedad, contradicción, implicación, equivalencia. Las oposiciones son binarias , y las combinaciones se realizan sobre esta base binaria de posibilidades: $p \in \{V, F\}$; $q \in \{V, F\}$

A estas variables se les atribuye la posibilidad de dos valores : V o F. Toda la lógica clásica se construye sobre la base 2. Esta base es derivada de la experiencia empírica, mediante la abstracción de la mente, que le aplica los principios a priori. Como resultado, cualquier variable que represente un objeto,(sea real o no el objeto) asume la propiedad de ser verdadera o falsa, es decir la base dos. A este nivel de abstracción los símbolos (p,q, r,s, etc..) solo son objetos ideales, y su realidad es mental: $2^2, 2^3, 2^4, 2^5, \dots, 2^k$

De ese modo, todas las variables, y sus relaciones, se colocan en la esfera de la mente, y precinden de los objetos (reales o no) a los que se refieren. Esto no indica que su significado real no exista. Si 'X' = dos manzanas y 'Y' = dos mangos, sumando (X+Y) = [2 + 2] cuatro frutas en el plato, que son reales. En todo caso la operación de sumar dos variables sigue siendo una operación meramente mental. Solo el significado final puede trasladarse a la realidad concreta. El plato de cuatro frutas, representa un nuevo conjunto de cuatro elementos que son la intersección de los dos conjuntos: de manzanas y mangos



Lo lógica clásica es lógica de estructuras, que pueden ser desarrolladas sin límites, precisamente por ser totalmente abstractas. Al contrario la lógica Blanda se mantiene a nivel de realidades concretas y la base de sus términos, varía según cambian los casos concretos. Sin embargo la lógica Blanda, en su fundamento se apoya en conceptos ideales, de la lógica clásica, cuando menos en sus extremos, desde los que se toman las medidas. Sería imposible hablar de grises, sin una referencia a dos términos abstractos: que son blanco y negro. Es importante tener a la vista los dos niveles: abstracto y concreto, como en el esquema siguiente:

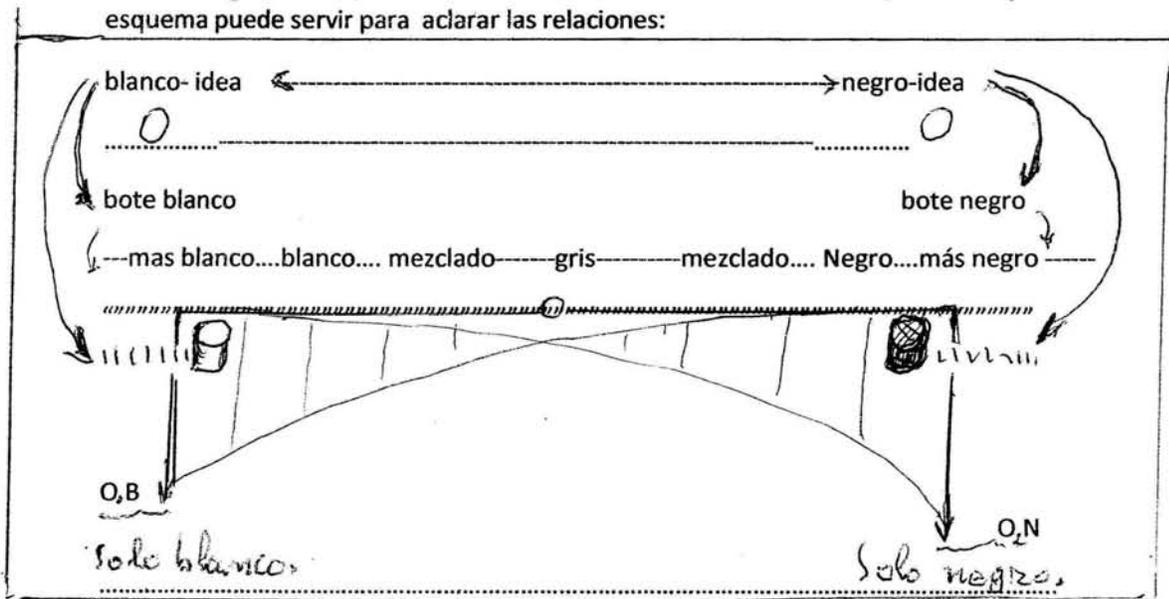


Un bote blanco — medidas grises — un bote negro
 (concreto) físico (concreto) físico

En la Lógica Blanda la palabra "bote blanco" designa un objeto material, blanco, que puede ser más blanco... Sin que haya un límite fijo; la palabra "bote negro", designa otro objeto, negro, que puede ser más negro... Sin que haya un límite fijo. Al contrario en el nivel mental, la idea de blanco y la idea de negro, como objetos ideales, son fijos y universales. Sin embargo no podrían usarse ni la palabra blanco ni la palabra negro, si no hubiera, en la mente una idea correspondiente, que le dé sentido.

Lo mismo sucede con las relaciones. Blanco y negro son términos opuestos, porque la mente capta la oposición entre las dos ideas correspondientes: la mente capta un eje común (el color) y dos extremos opuestos, blanco y negro. Puede haber dos tipos de oposiciones: contrariedad y contradicción. En este caso no hay contradicción, por que el negro no niega simplemente el blanco, sino que le opone otro color. La contradictoria sería: Blanco-No blanco. Al contrario blanco y negro se conceptúan como oposición entre extremos y por tanto "contrarios".

En la lógica Blanda, la contrariedad se da en el nivel real, concreto; los dos botes son reales y variables: el blanco puede ser menos blanco, y el negro puede ser menos negro, pueden mezclarse, hasta encontrarse en un punto medible: un promedio entre blanco y negro. Sin embargo no sería posible realizar las medidas intermedias, variables, sin puntos de referencia fijos, y estos se encuentran al nivel mental, de la lógica binaria clásica. El individuo quien utilice la lógica Blanda, se mueve constantemente en los dos niveles, concreto y abstracto. Un esquema puede servir para aclarar las relaciones:



Es necesario hacer conciencia de la naturaleza del lenguaje, cuyo significado apela constantemente a las entidades ideales: [ideas, relaciones, implicaciones, igualdades, identidades, y diferencias] aunque sus expresiones sean signos concretos como las palabras. La lógica Blanda compara objetos reales y concretos, particulares, fluidos y variables; pero involucra necesariamente los objetos ideales, generales y estables. Lo cual demuestra que en realidad solo existe un lógica, propia de la persona humana, en los diferentes niveles de consideración.