

REVISTA
DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
AÑO 6 - NUMERO 5 - 1986



**Empresa de empresas
por su
estructura integrada**

Perfora, extrae, almacena,
transporta por tierra y mar,
procesa, destila, distribuye
y vende al consumidor.

ASTRA

Compañía Argentina de Petróleo S. A.

Empresa de energía

Y sus Compañías Asociadas

Autoridades

REVISTA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Año VI - Número 5 - Diciembre de 1986

Consejo Directivo:

Decano:

Ing. Antonio Adolfo BARNABO

Vicedecano

Ing. Juan Manuel GOMEZ

Por los Profesores Titulares:

Ing. Juan Manuel GOMEZ - Ing. Alfredo César SARMIENTO
Ing. Raúl Salvador LLANO - Ing. Jorge Lázaro GONZALEZ

Por los Profesores Adjuntos:

Ing. Eduardo Fortunato MANFREDI
Ing. Hilario GARBULINSKI

Por los Egresados:

Ing. Guillermo Alberto CUADRADO
Ing. Samuel Raúl RIVEIRA

Por los Alumnos:

Sr. Edgardo NAVA - Srta. Susana VIVARES
Sr. Juan IUVARO.

Secretario Académico:

Ing. Lisandro Héctor CALDERON

Jefe del Departamento de Ciencias Básicas:

Ing. Mario Federico NEGRI

Jefe del Departamento de Ingeniería de Petróleos:

Ing. Dante HERRERO

Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial:

Ing. Juan Carlos GOMEZ GASCON

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil:

Ing. Francisco SENTINELLI

A/C Dirección Departamento de Graduados:

Ing. Miguel REAL

Director de Estudios Tecnológicos e Investigaciones:

Ing. Tomás Aníbal MONTES

Director del Instituto Superior de Exporación Petrolera:

Ing. Eduardo Sergio SERDOCH

Secretario de Relaciones:

Ing. Rubén Francisco MAESTRI

Supervisor Administrativo:

Sr. Salomón SAPPAG

Director Administrativo:

Sr. Herminio ALVAREZ

Secretario de Asuntos Estudiantiles:

Ing. Carlos Adriano GARCIA

Secretario Coordinador del Departamento de Graduados y Extensión Universitaria:

Sr. Osvaldo LARRIQUETA

DIRECTOR DE LA REVISTA

Ing. Jorge Lázaro GONZALEZ
Profesor Titular de la cátedra "Geofísica"

La dirección no se responsabiliza
por las opiniones emitidas en los
artículos firmados.

Sumario

| | |
|---|----|
| Editorial | 3 |
| ¿Qué es la Inteligencia Artificial (I.A.)? | 5 |
| Ing. Guillermo Cuadrado | |
| Curva Universal para la Determinación de Velocidades Cuadráticas Medias | 17 |
| Ing. Eduardo S. Serdoch | |
| Polaridad, Desfase y Secuencia en los Transformadores | 23 |
| Ing. Roberto De Rossetti | |



bolland

CARTA DEL VICE DECANO

Estimado lector:

A través de este medio hoy podemos ponernos en contacto para hacer un par de reflexiones en forma conjunta, y éste es el único motivo de la presente carta.

Además, es una muy particular oportunidad para expresarnos, dado que este número es el primero de nuestra revista que ve la luz del día, al amparo de una Universidad normalizada.

Un nuevo desafío significa para la población de nuestra Facultad la situación mencionada, ya que, además de preocuparnos por la formación eficiente de un nivel profesional acorde con los requerimientos del medio, hemos de completar la formación como seres que poseamos la capacidad de análisis, la conciencia cívica y el entrenamiento democrático necesario para una rápida, clara y eficiente inserción en el medio.

Es, indiscutiblemente, una responsabilidad conjunta que hemos de tomar, tanto los cuerpos directivos, como los grupos docentes, no do centes y alumnos.

La Universidad ha experimentado un profundo cambio en la con figuración de sus cuadros de gobierno, modificación que se transmite hacia los distintos sectores que la constituyen. El mismo conlleva indiscutiblemente la lógica e incómoda sensación que todo crecimiento trae aparejado.

En este último sentido se puede decir que ese malestar o incomodidad exige una cuota personal de renunciamentos o cesión de posicio- nes, de todos y cada uno de nosotros, desde los distintos ámbitos en que // nos toque actuar, a los fines de poder lograr el reacomodamiento que este cambio implica. Esta cuota de sacrificio y renunciamento es imprescindible que sea asumida con decisión y sin retaceos ya que sin ella no lograremos / el objetivo buscado: llevar la concepción democrática a los claustros uni- versitarios.

Se nos han dado las normas legales y administrativas para // institucionalizar la vida universitaria en toda la República; es ahora nues tra obligación ir creando las condiciones de sana convivencia para que esa Universidad autónoma que nos han delineado, fructifique en una Universidad autogobernada, con espacios de acción bien delimitados, con distintos esta- mentos de entre los cuales pueda surgir con igual fuerza tanto el trabajo

con unidad de criterio principista que caracteriza a la acción de equipo, como así también el juicio de opinión mayoritario nacido del disenso constructivo.

El meridiano del éxito del autogobierno pasa no sólo por haber logrado la constitución de un cuerpo colegiado con representación de todos los sectores; implica, además, un orden de situaciones, una subalternación de supuestos derechos, un curso de acción claro y definido para pedir y conceder, una paciente forma de actuar frente a la disparidad de ideas y una madura resignación en el cumplimiento de no deseadas situaciones dispuestas por la mayoría.

No hay libertad sin limitaciones; pretender disfrutar de los beneficios de la primera sin las restricciones de la segunda es una utopía y tal circunstancia se convierte de hecho en una irresponsabilidad, que hace desde ya que el sistema no funcione.

Las causas fundamentales que harían peligrar el éxito están a la vista y podríamos agruparlas en tres categorías bien claras, que funcionan generalmente juntas, que se retroalimentan entre sí y que derrotarlas significa nada más ni nada menos que convertirse en una sociedad madura: la ley del menor esfuerzo, la de los intereses creados y la de la resistencia al cambio. A poco que se analice cualquier situación difícil o conflictiva que nos toque vivir, nos hemos de encontrar con que la misma pertenece a uno de los grupos mencionados. Completar el desarrollo de nuestro pueblo, exige que, conjuntamente, luchemos en forma denodada contra estas situaciones.-

La lid está planteada, los medios para actuar están a la mano, el momento institucional es propicio; pongámonos, en consecuencia, en la tarea.-

¿QUE ES LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL (I.A.)?

Ing. Guillermo A. Cuadrado

1. Introducción

Para encarar el tema de la Inteligencia Artificial es lógico que nos / preguntemos:

¿Qué es la inteligencia?.

Según el diccionario Espasa Calpe:

- Facultad intelectual / Facultad de conocer, la cual se manifiesta de varios modos: / Conocimiento, comprensión, acto de entender / Sentido en que se puede tomar una sentencia, dicho o expresión / Habilidad , destreza, experiencia /Substancia puramente espiritual.

Según el diccionario filosófico Espasa - Calpe:

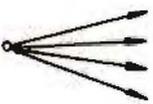
- Cualidad de un ser vivo que le permite afrontar y resolver problemas, en particular los nuevos y poco conocidos, por medios adaptados a sus propias necesidades y con un mínimo gasto de esfuerzo, tiempo y energía.

Vemos que "inteligencia" es un término difícil de explicar, evaluar y por lo tanto de definir. Si aceptamos la última definición vemos que la inteligencia natural es la capacidad de respuesta ante determinadas circunstancias.

Dicha capacidad depende de:

- la experiencia adquirida.
- las reglas de comportamiento en un determinado ambiente.
- la facilidad de adquirir información del medio.
- la rapidez para encadenar razonamientos útiles.
- la lógica para deducir consecuencias de los hechos.
- ciertos elementos no definibles.

Podríamos resumir diciendo que la inteligencia natural es la facultad de adquirir y manipular conocimientos para obtener razonamientos útiles.

El ser humano inteligente 

- Aprende
- Razona y deduce
- Actúa
- Siente (tiene sentimientos)

a. Aprende:

Recoge información del exterior, especialmente a través de los sentidos de la vista, el oído y el tacto y la guarda en la memoria.

b. Razona y deduce:

Manipula la información y el conocimiento que posee aplicando reglas y experiencias (a veces formales, otras veces intuitivas) para deducir y solucionar los problemas que se presentan.

c. Actúa:

Comunica sus deducciones al medio, ya sea a través de la palabra, o del movimiento de sus órganos motores.

d. Siente:

Tiene sentimientos como la alegría, la tristeza, el amor, el odio, la pasión que se desprenden de razonamientos inteligentes.

El comportamiento inteligente se caracteriza por no producir siempre los mismos resultados. Según las circunstancias y factores objetivos y subjetivos, ante una misma situación, los seres inteligentes no toman la misma decisión, tienen en cuenta el aprendizaje de la situación anterior.

El hombre ha mostrado siempre un interés inusitado en la construcción de ingenios que imitasen lo mejor posible a los seres vivos, ya sea con fines prácticos o como juguete. La literatura universal revela que la intención de construir estos mecanismos ha existido siempre.

¿Pero, qué es la Inteligencia Artificial?.

Son muchos los investigadores que han dado definiciones de inteligencia artificial:

- "Es el desarrollo de una teoría sistemática de los procesos intelectuales, donde quiera que se los encuentre". Donald Michil.
- " Es el estudio de la inteligencia como computación". P.J. Hayes.
- "La inteligencia artificial es una disciplina ingenieril".
- "La inteligencia artificial es la ciencia de hacer máquinas que hagan cosas que requerirían inteligencia si las hicieran los hombres". Mervin Minsky.
- "Por inteligencia artificial, entiendo el uso de programas de computadora y de técnicas de programación para proyectar luz sobre los principios de la inteligencia en general y de la inteligencia humana en particular". Margaret Boden.

2. Características de la inteligencia artificial:

Las computadoras son máquinas capaces de materializar algoritmos y por lo tanto ante los mismos datos obtendremos los mismos resultados.

tiempo, esto hace que ante situaciones iguales reaccione de distinta manera.

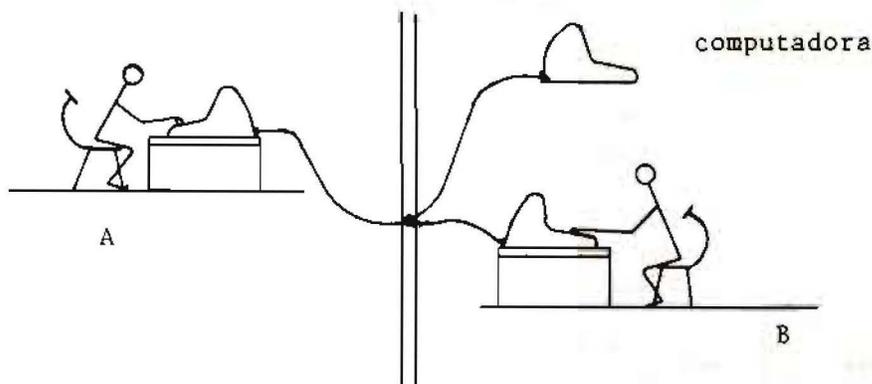
Una máquina inteligente ha de ser capaz de operar con conocimientos, y en general se la acepta como tal cuando cumple los siguientes requisitos:

- 2.1. Si tiene percepción visual que le permita reconocer formas de objetos o símbolos.
- 2.2. Si es capaz de "entender el lenguaje natural hablado o escrito, y producir respuestas en dicho lenguaje".
- 2.3. Si es capaz de actuar bajo condiciones cambiantes.
- 2.4. Si puede almacenar información y conocimientos, y manipularlos mediante reglas y algoritmos para alcanzar soluciones a problemas.

3. Test de Turing:

Alan Turing propuso el siguiente test que permite dar una idea de la inteligencia alcanzada por una máquina; entendiéndose como tal el hacer cosas, que si las hiciera una persona diríamos que tiene inteligencia, y propuso la siguiente prueba:

"Un ser humano A se comunica a través de dos terminales con otro ser humano B ó con una computadora. Si el ser humano A no consigue distinguir claramente, mediante el análisis de las respuestas, al ser humano B ó la computadora, se deduce que la computadora tiene cierto grado de inteligencia".



AREAS DE DESARROLLO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

4. Visión Artificial.
5. Procesamiento del lenguaje natural.
6. Robótica.
7. Sistemas expertos.

4. Visión Artificial

Esta disciplina se conoce también con el nombre de procesamiento de imágenes.

La visión por máquina recoge la información por medio de una cámara luego la digitaliza convirtiendo sectores de la imagen en unos o ceros que luego son almacenados en la memoria de la computadora.

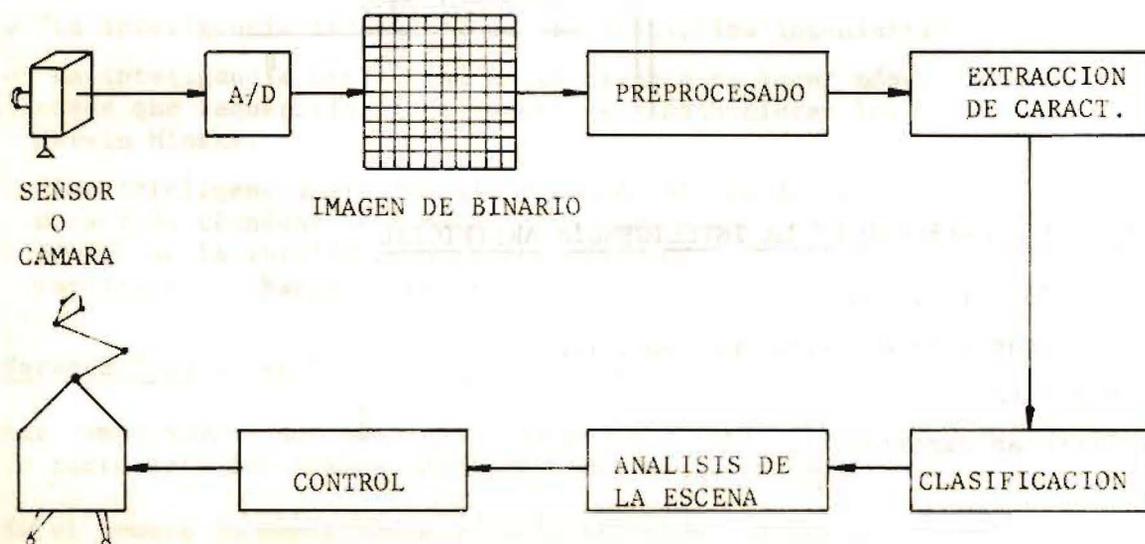
Posteriormente, la imagen es procesada empleando algoritmos que determinan las características de la escena, que le permiten reconocer los objetos que hay en ella.

Esta técnica se puede hacer extensiva a otras señales dando lugar a una vasta gama de técnicas específicas de determinación y predicción en el terreno médico, geofísico, geográfico, oceanográfico, ingenierístico, militar, etc.

4.1. Etapas básicas en el tratamiento de imágenes

- a. Adquisición de la imagen: ésta es captada por un sensor, por // ejemplo una cámara, la señal pasa por un convertidor análogo-digital, ingresando a la memoria de la computadora en forma binaria (1 - 0).
- b. Análisis de la imagen: la imagen es preprocesada (suavizamiento, detección de contornos, transformadas, generación de histogramas). Luego se extraen las características que permitirán en etapas posteriores reconocer objetos y analizar escenas para su interpretación. Aquí se reduce la cantidad de datos a tratar. Luego viene la clasificación a base de reconocer la pertenencia o no de las características recibidas a cada clase o modelo.

El análisis de la escena da una descripción e interpretación // que permite generar los datos y órdenes de control al que está asociado el sistema de visión. En sistemas particulares puede faltar alguna de estas etapas.



5. Procesamiento del lenguaje natural

Los primeros trabajos sobre lenguajes naturales fueron sobre traducciones. Se pensaba que la traducción era un simple proceso mecánico, su desarrollo se remonta a la época de la guerra fría entre Rusia y E.E.U.U.

Los primeros sistemas tenían:

- a. Un diccionario bilingüe que relacionaba las palabras de los dos idiomas entre sí.
- b. Una gramática para cada idioma que ordenaba los elementos de las oraciones.

Los primeros intentos de traducción fueron poco exitosos. Pronto los investigadores advirtieron que el significado de las palabras no sólo se basaba en la sintaxis (gramática) sino también en la semántica (contexto de la frase, expresiones idiomáticas, frases hechas, etc.).

Los lingüistas han avanzado mucho en el campo del entendimiento del lenguaje natural por computadora. El mayor problema sigue siendo la representación del conocimiento del mundo que nos rodea.

Los únicos resultados prácticos que se ha obtenido hasta ahora, se basan en la limitación del dominio de acción. Es fácil representar el conocimiento de un "pequeño mundo". Así es como se construyen traductores en determinadas áreas: técnicas, negocios, comercio exterior, etc.

En cuanto a la síntesis de voz humana se ha logrado una técnica muy perfeccionada, debido a que se conoce perfectamente el mecanismo de cómo el hombre produce sonidos.

En cambio, no sucede lo mismo con la comprensión del lenguaje. A veces con una sola palabra podemos conocer: el sexo, el estado de ánimo, la intención, etc..

Para construir un programa que entienda el lenguaje oral habría que tener en consideración: el contexto, la entonación, el acento, las pausas, el ruido ambiental.

Hay dos grandes campos para el estudio del entendimiento del lenguaje natural:

- a. Entendimiento del lenguaje escrito: Utiliza el conocimiento de léxico, sintaxis y semántica del lenguaje unido al conocimiento del dominio.
- b. Entendimiento del lenguaje oral: Comprende todo lo anterior más la fonología.

Para entender una simple frase, se debe:

- a.- Comprender el significado de cada palabra.
- b.- Comprender la estructura de la frase.
- c.- Tener conocimiento del contexto donde se pronuncia.

5.1. Sistemas de proceso de lenguaje natural:

- Baseball: contesta la mayoría de las preguntas que se hagan sobre juegos almacenados en la base de datos. Es capaz de resolver muchas situaciones ambiguas.
- Eliza: escrito por Joseph Weizambaum en el MIT aplica el método del Dr. Carl Rogers para tratamientos psicológicos.
- SHRDLU: Teny Winogard (1977) MIT recibe órdenes de ordenar bloques y describe sus acciones.

6. Robótica

Un robot es una máquina programada de movimientos generales. Los robots reemplazan los sistemas automáticos fijos en las fábricas // que tienen una capacidad limitadísima de cambiar la tarea que le ha sido asignada. Los robots por el contrario se adaptan a los cambios de producción y pueden ser cambiados de tarea cambiando el programa y sus órganos de operación.

En general tienen una precisión muy grande en todas las tareas que realizan y permiten una flexibilidad muy grande en los tipos de tareas que ejecutan.

Los robots se usan actualmente en: líneas de manufactura de productos, de ensamble, de control de calidad, de embalaje, etc.. En U.S.A. se ven también para aplicaciones domésticas.

Uno de los campos donde han comenzado a tener gran aplicación es en la manipulación de materiales, por el aumento de efectividad y por la reducción de costos.

Estos equipos combinan sistemas de visión artificial consistente en una cámara de televisión como unidad de entrada sensible, con garfios sensitivos.

Hay lenguajes especiales para programar los robots.

7. Sistemas expertos (S.E.)

Uno de los sistemas claves de la informática ha sido siempre el uso de estrategias de búsqueda. Pero la I.A. a poco de iniciar su desarrollo llegó a la conclusión que esto no era suficiente para resolver problemas reales. Entonces sus investigaciones se orientaron a la búsqueda de técnicas heurísticas o reglas basadas en la experiencia de una persona experta en el tema considerado.

Sin embargo, si no se incorporaban al programa conocimientos del dominio tratado, se producía la explosión combinatoria que hacía imposible cualquier búsqueda.

Se comprobó que era más importante el conocimiento del tema por parte del experto que cualquier estrategia de búsqueda o procedimiento de inferencia o razonamiento

Mark Stefik, un científico de Stanford, sugiere que existe una interacción entre el modelo que tenemos en la cabeza de algún segmento del conocimiento humano y la nueva información que podamos adquirir sobre él. Si disponemos de un modelo potente entonces podremos adquirir fácilmente nuevos conocimientos. Por el contrario si nuestro modelo es débil, aprender y aplicar el nuevo saber se convierte en una tarea frustrante, que nos irrita o nos confunde.

Supongamos que tenemos un encuentro con un nuevo tema que se nos presenta como un modelo mental bien elaborado. Esta forma de presentar el conocimiento tendrá una planificación que nos permita pasar del estado de no comprender, a comprender el tema.

El saber puede diseñarse para que sirva a distintos objetivos. Por ejemplo, la planificación de nuevos conocimientos a grupos de especialistas, como puede ser la información detallada de los efectos secundarios de un fármaco. La organización del conocimiento para los médicos sería distinta que para los farmacéuticos, o los encargados de la seguridad social.

El problema de muchas profesiones es que el conocimiento cambia rápido y a veces resulta difícil mantenerse actualizado.

La solución al problema no sería tan difícil si dispusiéramos de los conocimientos adecuados y pudiésemos usarlos sistemáticamente.

Las respuestas informáticas a estos problemas se llaman sistemas expertos. Estos programas tienen estructurado el conocimiento del tema, las técnicas heurísticas y las estrategias de búsqueda.



7.1. Definición de Sistema Experto

Un sistema experto es una aplicación informática en la que aparece como estructura de información procesable el conocimiento para resolver un tipo de problemas, separado del procedimiento para resolverlo.

La estructura de información representativa del conocimiento se llama base de conocimiento.

El procedimiento general de obtención de respuestas a problemas, apoyándose en la base de conocimiento y en la formulación del problema, se denomina motor de inferencia del sistema.

7.2. Construcción de un sistema experto

La construcción de un programa de computación que funcione con la

eficiencia de un experto humano en un determinado tema no es una / tarea sencilla.

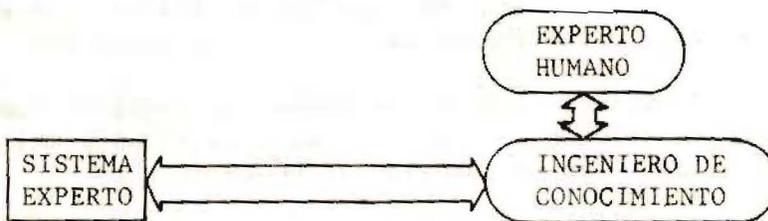
El conocimiento sobre cualquier tema es de dos tipos:

- a. Conocimiento público: está en los textos, revistas especializadas, etc., y generalmente toda persona que trabaje en un campo concreto conoce la forma de acceder a él.
- b. Conocimiento privado: es el resultado de la experiencia adquirida por el experto en el tema. Son sus propias conclusiones.

Uno de los problemas que se presenta es la representación del conocimiento. Para ello se está utilizando la lógica de proposiciones y la lógica de predicados.

Con estos instrumentos se vuelca el material del conocimiento público a un archivo de datos.

Luego un ingeniero de conocimiento en forma conjunta con el experto humano en el tema redactan el conocimiento privado que éste posee del mismo. Es decir, se buscan las "reglas de oro" que permiten acercarnos a la solución del problema.



7.3. Estructura de un sistema experto:

La estructura básica de un Sistema Experto se compone de:

- a. Una base de conocimiento (BC) en la que se almacenan el conocimiento que aporta el experto humano sobre el tema. Este conocimiento se formaliza a través de reglas de producción (en general son implicaciones materiales de la lógica simbólica). Por ejemplo:

1. Si (tiene fiebre) entonces (recetar aspirina).
2. Si (tose) entonces (recomendar vapores).
3. Si (tose) entonces (recetar compuesto A).

Si (causa) entonces (procedimiento).

Las causas pueden vincularse entre sí dando procedimientos compuestos.

- b. Una Base de evidencia o hechos (BH) que es una base de datos donde el usuario almacena las evidencias de lo que está pasando. Por ejemplo: Si tiene fiebre o el pulso acelerado.

- d. Una interface (I) que permite establecer el diálogo con el usuario. Se intercambian preguntas y respuestas entre máquina y usuario. Generalmente la máquina da las explicaciones de cómo llegó a determinada conclusión. Este último aspecto es importante para poder aceptar los resultados de la máquina. De otro modo habría que aceptar la respuesta por el simple motivo que lo dice la computadora.

Ejemplo sencillo: Localización

- Base de conocimiento:

Regla 1: Dos personas que están juntas se hallan en el mismo lugar.

- Base de Hechos:

1: Pedro y María están juntos.

2: María está en la casa de Rosa.

- Motor de Inferencia: lógica de proposiciones.

Pregunta: Localización (Pedro?)

Regla: Localización (X,Z) juntos ((X,Y) y Localización (Y,Z).

Hecho: Juntos (Pedro, María)

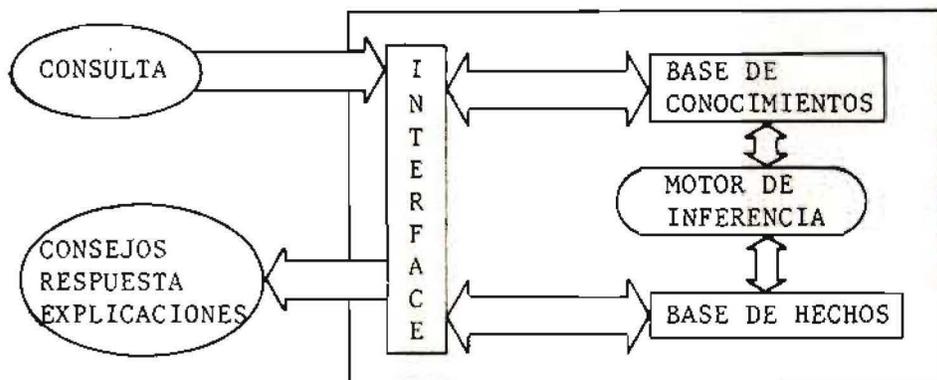
Hecho: Localización (María, casa de Rosa).

Ejecución:

Localización (María, casa de Rosa) y Juntos (Pedro, María)

Resultado: Localización (Pedro, casa de Rosa).

Conclusión: Pedro está en casa de Rosa.



Debido al hecho que algunas reglas están basadas en la experiencia o en la intuición del experto humano muchas no son 100% ciertas, entonces se añade un factor de certeza a la misma que está dado en términos de probabilidad.

7.4. Algunos sistemas expertos en el campo de la Ingeniería

| | |
|----------|--|
| ARS | : programa para crear sistemas expertos. |
| EL | : diseño o análisis de circuitos eléctricos. |
| BACON.S. | : permite redescubrir leyes naturales; re-// fracciones ópticas, calor específico del cuerpo negro, etc. |
| SACON | : consultas en análisis estructural. |
| GAMMA | : para practicar en el campo de las expe-// riencias nucleares. |

| | |
|------------------|--|
| ABEL | : transtornos electrolíticos ácido-base. |
| DENDRAL | : Interpretación de espectrofotómetros. |
| SECS | : Síntesis orgánica. |
| PROSPECTOR | : para determinación de depósitos de cobre. |
| DIPMETER ADVISOR | : interpretación en pozos de petróleo y gas. |
| EXPLORER | : interface entre geólogos y bases de datos. |

8. Campos de aplicación de la Inteligencia Artificial.

8.1. Gestión empresarial:

Indicando estrategias financieras.
 Dando información sobre el estado del mercado.
 Resumiendo noticias.
 Planificando recursos.

8.2. Ingeniería:

Ofreciendo alternativas en proyectos.
 Sugiriendo operaciones (Ej. Ind. Petrolera).
 Mantenimiento, industria, geofísica.

8.3. Producción:

Robots con alta flexibilidad en la producción.
 Mejorando líneas de montaje.

8.4. Agricultura:

Control y evolución de cosechas.
 Indicación de tratamientos.
 Máquinas inteligentes para la manipulación de la tierra y la ganadería.

8.5. Medicina:

Diagnóstico de enfermedades.
 Orientación en aplicación de tratamientos.
 Potenciación de la instrumentación.

8.6. Farmacología:

Elaboración de nuevos fármacos.
 Asesoramiento de contraindicaciones.
 Incompatibilidades entre fármacos.

8.7. Enseñanza:

Sistemas.
 Investigación.

sistemas informáticos fuertemente asistidos por las disciplinas que componen el campo de la Inteligencia Artificial.

El objetivo que se persigue es poner en funcionamiento la industria del conocimiento bajo el lema de "Saber es Poder".

Luego del lanzamiento del proyecto japonés, los Estados Unidos, Francia e Inglaterra han elaborado proyectos similares. El objetivo es construir máquinas de inferencia, es decir, orientadas al tratamiento lógico de los símbolos. Además se busca una comunicación similar a la humana, a través del lenguaje natural.

El lenguaje elegido es Prolog.

Si el proyecto japonés tiene éxito se espera que este país pasará a ocupar una posición de supremacía en la industria informática mundial.

GLOSARIO DE TERMINOS USUALES EN INTELIGENCIA ARTIFICIAL

APL: Siglas de Automatic Programming Language, desarrollado en la década del 60, usa una serie de operadores y estructuras de datos.

BASE DE CONOCIMIENTO: base de datos sobre la cual emite juicios un sistema experto.

BASE DE DATOS: colección de datos organizada de tal modo que la computadora puede acceder rápidamente a ella.

HEURISTICA: manera de alcanzar un objetivo basada en la experiencia más que en el cálculo; esta técnica no garantiza un resultado cierto (comparado con el algoritmo que lleva siempre al resultado deseado).

INGENIERIA DEL CONOCIMIENTO: Proceso mediante el cual se traslada a un programa de computadora la pericia o conocimiento humano en un campo determinado o varios.

INTELIGENCIA ARTIFICIAL: parte de la Informática que se dedica a provocar en máquinas comportamientos que si provinieran de un ser humano se diría que es inteligente.

LISP: Listing Processing, lenguaje de Inteligencia Artificial.

LOGO: lenguaje estructurado desarrollado por Seymour Papert sobre la base de las ideas pedagógicas de Jean Piaget. se usa con fines educativos.

PASCAL: lenguaje estructurado desarrollado a fines de la década del 60 por Niklaus Wirth.

PILOT: lenguaje de alto nivel usado con fines educativos.

PROLOG: Programming in Logic, lenguaje de programación seleccionado por el proyecto japonés 5ta. generación. Es una lengua de Inteligencia Artificial.

ROBOTICA: disciplina que se ocupa del diseño y programación de robots.

SISTEMA EXPERTO: programa de computación elaborado sobre la experiencia de expertos humanos en determinadas áreas específicas de conocimiento.

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

- . INTELIGENCIA ARTIFICIAL - Tim Hartnell - Ed. Anaya.
- . INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y HOMBRE NATURAL - Margaret Boden.
- . MAQUINAS LOGICAS Y DIAGRAMAS - Martin Gardner - Ed. Grijalbo
- . LIMITACIONES MATEMATICAS DE LOS METODOS DE COMPUTACION - Rodrigo Valenzuela C. - Editorial Universitaria.
- . PRINCIPLES OF DATA PROCESSING - D. Spencer - Merrill Publishing Company.
- . LA QUINTA GENERACION - E. Feigenbaum y P. Mc Corduck - Ed. Sudamericana Planeta.
- . EL DESAFIO JAPONES EN MATERIA DE 5TA. GENERACION - Pedro García Mundo electrónico 149.
- . SISTEMAS EXPERTOS - José Cuenca Bartolomé - Mundo electrónico 149.
- . COMPUTADORES PARA EL TRATAMIENTO DE IMAGENES- J. Amat, A. Casals y Vilario - Mundo electrónico 149.
- . COMO CONSTRUIR UNA MAQUINA INTELIGENTE - Tom Alexander - Ordenador Popular - Setiembre 85.
- . EL ORDENADOR DE QUINTA GENERACION - Tohru Moto-Oka, Masaru Kitsuregawa- Editorial Sudamericana - Planeta.
- . ARTIFICIAL INTELLIGENCE: A. New tool for Industry an Business - Vol. 1 - Richard Miller - SEAI Institute.

CURVA UNIVERSAL PARA LA DETERMINACION DE VELOCIDADES CUADRATICAS MEDIAS

Ing. Eduardo S. Serdoch

El presente estudio se aplica a las zonas donde tiene validez la ley de variación lineal de la velocidad con la profundidad $v(z) = v_0 + a.z$.

La determinación de una ley de velocidad para la corrección dinámica // (normal move Out o corrección de retardo normal) para las reflexiones, se realiza actualmente en forma sintética, observando la optimización de los eventos de reflexión, ante la aplicación de las diferentes velocidades de un muestreo realizado por computadora.

La velocidad de proceso que optimiza una reflexión real para un cierto T_0 (a una cierta profundidad) es muy parecida a la velocidad media cuadrática (V_{RMS}) hasta esa profundidad.

Realizado el muestreo de velocidad, es frecuente en la práctica, encontrarse con dos o más alternativas para decidir la "ley de velocidad" más adecuada. Podría resultar interesante entonces, contar con algún elemento de apoyo que pueda contribuir a decidirse por alguna de las alternativas halladas en el muestreo de velocidad y además estimar mejor la "velocidad de escape" del mismo.

Pero quizás, la aplicación más directa que tiene el hecho de conocer V_{RMS} , está en el diseño del tramo de registración una vez previsto el factor de estiramiento de la traza que va a tolerarse, como veremos.

En las zonas donde se aplica la Ley $v(z) = v_0 + a.z$ con buena fiabilidad, puede hacerse uso de ésta misma, modificada apropiadamente, para obtener una idea al menos aproximada, del posible valor de la velocidad de optimización de proceso que deba aplicarse cuando existen dos o más alternativas en el muestreo de velocidad, colaborando así para la elección.

Desarrollo:
$$v(z) = v_0 + a.z = \frac{dz}{dt} \quad (1)$$

separando variables e integrando,

$$\int_0^t dt = \int_0^z \frac{dz}{v_0 + a.z} = \frac{1}{a} \ln \frac{v_0 + a.z}{v_0} = t$$

$$e^{at} = \frac{v_0 + a.z}{v_0}, \text{ despejando } z$$

$$z = \frac{v_0}{a} (e^{at} - 1) \text{ y reemplazando } z \text{ en (1)}$$

$$v(t) = v_0 e^{at} \quad (2)$$

Vemos en (2) que "cuando la velocidad crece linealmente con la profundidad, lo hace exponencialmente con el tiempo".

Hallemos ahora la velocidad media cuadrática aplicando la expresión / general del valor medio cuadrático de una función.

$$V_{\text{RMS}}(t) = \sqrt{\frac{\int_0^t v^2(t) dt}{\int_0^t dt}} = \sqrt{\frac{\int_0^t v_0^2 e^{2at} dt}{t}} = v_0 \sqrt{\frac{e^{2at} - 1}{2 a t}} \quad (3)$$

Como en la práctica se trabaja con tiempos T_0 de "ida y vuelta" (re-flexión) reemplazamos en (3), $2t$ por T_0 .

Y nos queda:

$$V_{\text{RMS}}(t) = \sqrt{\frac{e^{aT_0} - 1}{a T_0}} \quad (4)$$

que por comodidad reordenaremos así:

$$\frac{V_{\text{RMS}}(t)}{v_0} = \sqrt{\frac{e^{aT_0} - 1}{a T_0}} \quad (5)$$

Esta última puede graficarse usando "a" como parámetro (FIGURA 1).

Si se tiene en cuenta que el eje de ordenadas está normalizado, que se han tomado valores de "a" que van desde 0 a 1,2 y que se calcularon relaciones $\frac{V_{\text{RMS}}}{v_0}$ hasta tiempos T_0 de 6 segundos, se concluye que este gráfico es aplicable a la mayoría de los casos prácticos de secuencias donde vale la ley $v(z) = v_0 + a.z$.

Entonces, conocidos v_0 y a, se puede encontrar la V_{RMS} para un cierto T_0 (donde se estima el horizonte de interés) ya sea gráficamente o en forma analítica con el uso de (4).

¿Por qué es interesante tener noción de la V_{RMS} ?

Cuando se diseña un modelo de registración sísmica de reflexión, se tienen en cuenta muchos factores técnicos y operativos de importancias diversas.

Uno de ellos es que la longitud del tramo de registración no debe exceder cierto valor, puesto que cuando se realiza la corrección dinámica de las hipérbolas de reflexión en el procesamiento, se produce el "estiramiento" de la traza sísmica. Este estiramiento es mayor para bajos valores de

T_0 (horizontes reflectores someros) y para los offset grandes y produce la pérdida de altas frecuencias y un enriquecimiento artificial de energía de baja frecuencia, lo cual puede llegar a valores intolerables que degraden la calidad del stacking (se ensancha la ondícula y se pierde resolución).

Conocido el máximo tolerable del factor de estiramiento S (cuyo valor usualmente es $0,2 \leq S \leq 0,6$), el T_0 de interés y los parámetros de la ley lineal de velocidad, puede usarse la fórmula:

$$X = \pm \left\{ \frac{(2 T_0 \alpha (S + 1)^2 / v_{RMS}^3 + 1/v_{RMS}^2) \pm \sqrt{\left(\frac{2 T_0 \alpha}{v_{RMS}^3} (S + 1)^2 + \frac{1}{v_{RMS}^2} \right)^2 - \frac{4 \alpha^2}{v_{RMS}^6} (S + 1)^2 T_0^2 [(S + 1)^2 - 1]}}{2 \alpha^2 (S + 1)^2 / v_{RMS}^6} \right\}^{1/2} \quad (6)$$

Donde:

$$\alpha = \frac{d v_{RMS}}{d T_0}$$

X = máximo offset permisible para el valor dado de S .

La expresión (6) es la solución de una ecuación bicuadrada en X .

Tomando el signo positivo de la raíz externa, de los dos resultados posibles dados por el doble signo interno, debe aceptarse el de menor valor pues el restante produce valores sumamente exagerados; es un resultado introducido por el proceso algebraico seguido para hallar la (6).

Para evitar la resolución manual de la (6) se ha calculado X para la mayoría de los casos prácticos, usando $S = 0,2$; $S = 0,3$; $S = 0,5$ combinados con valores de v_0 desde 1.700 m/s hasta 2.300 m/s y de "a" entre 0,5 y 1,2. Estos valores de X , tabulados con T_0 desde 0,1 a 3 seg., se están // aplicando con buenos resultados. Véase como ejemplo la Tabla I.

Finalmente se hace hincapié en que estos resultados son válidos en tanto lo sea la ley $v(z) = v_0 + a.z$ (que en general lo es) y que no se pretende reemplazar el muestreo de velocidad con las curvas de la Figura 1, sino aportar un elemento más en la difícil tarea del "picado" de velocidad.

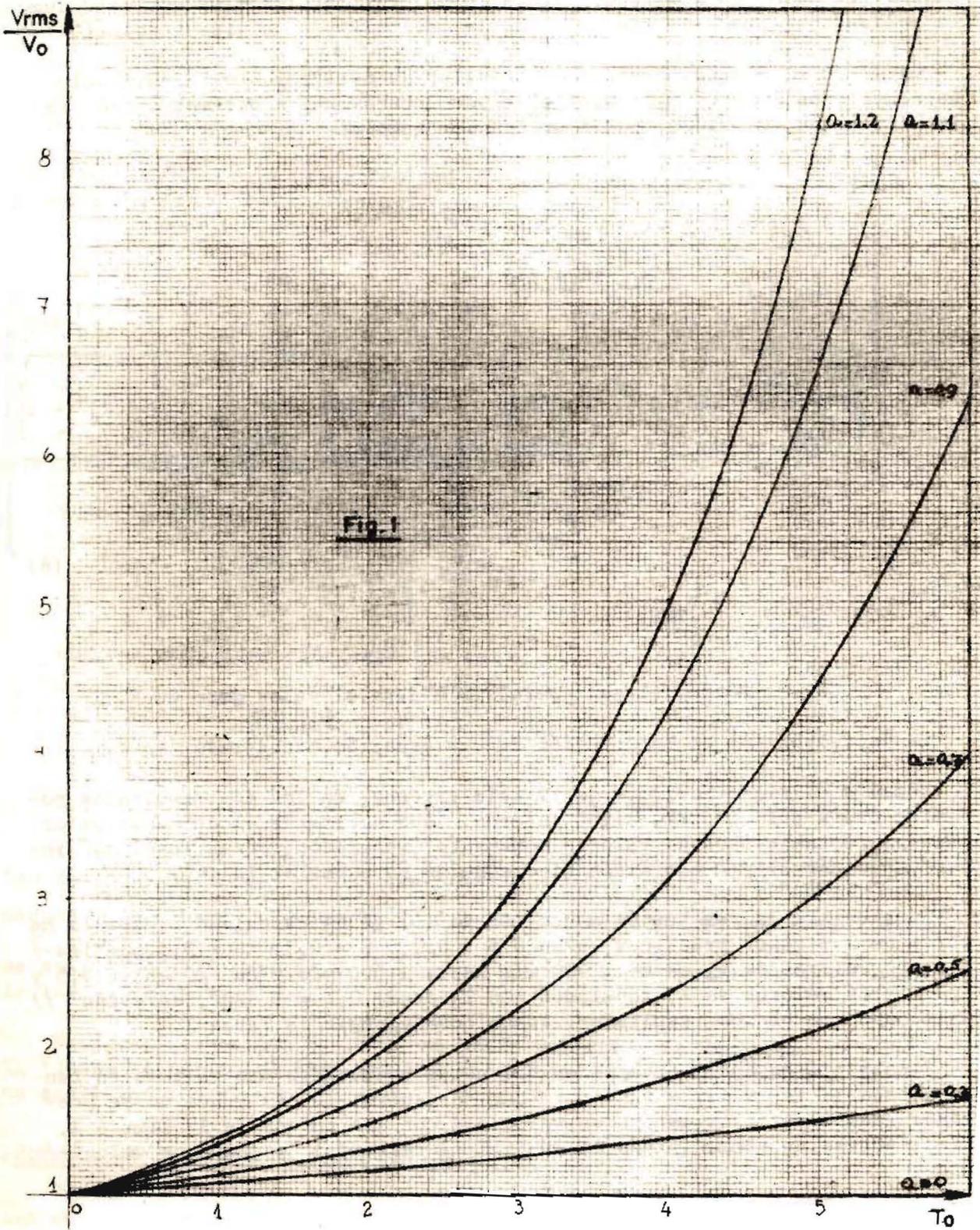


Fig. 1

VALOR S = 3

VALOR a = 7

VALOR VO = 2000

| | | | |
|----------|--------------|--------------|----------------|
| TO = 1 | X = 164,273 | V = 2035,514 | ALFA = 360,390 |
| TO = 2 | X = 325,308 | V = 2072,085 | ALFA = 371,071 |
| TO = 3 | X = 483,837 | V = 2109,742 | ALFA = 382,117 |
| TO = 4 | X = 640,414 | V = 2148,521 | ALFA = 393,514 |
| TO = 5 | X = 795,567 | V = 2188,457 | ALFA = 405,275 |
| TO = 6 | X = 949,750 | V = 2229,589 | ALFA = 417,409 |
| TO = 7 | X = 1103,392 | V = 2271,952 | ALFA = 429,932 |
| TO = 8 | X = 1256,853 | V = 2315,587 | ALFA = 442,853 |
| TO = 9 | X = 1410,499 | V = 2360,536 | ALFA = 456,185 |
| TO = 1.0 | X = 1564,643 | V = 2406,838 | ALFA = 469,940 |
| TO = 1.1 | X = 1719,594 | V = 2454,539 | ALFA = 484,132 |
| TO = 1.2 | X = 1875,648 | V = 2503,680 | ALFA = 498,775 |
| TO = 1.3 | X = 2033,079 | V = 2554,310 | ALFA = 513,882 |
| TO = 1.4 | X = 2192,159 | V = 2606,473 | ALFA = 529,468 |
| TO = 1.5 | X = 2353,141 | V = 2660,219 | ALFA = 545,549 |
| TO = 1.6 | X = 2516,295 | V = 2715,600 | ALFA = 562,138 |
| TO = 1.7 | X = 2681,859 | V = 2772,665 | ALFA = 579,253 |
| TO = 1.8 | X = 2850,084 | V = 2831,468 | ALFA = 596,910 |
| TO = 1.9 | X = 3021,216 | V = 2892,065 | ALFA = 615,125 |
| TO = 2.0 | X = 3195,499 | V = 2954,512 | ALFA = 633,917 |
| TO = 2.1 | X = 3373,175 | V = 3018,869 | ALFA = 653,302 |
| TO = 2.2 | X = 3554,486 | V = 3085,192 | ALFA = 673,300 |
| TO = 2.3 | X = 3739,687 | V = 3153,548 | ALFA = 693,930 |
| TO = 2.4 | X = 3929,018 | V = 3224,000 | ALFA = 715,211 |
| TO = 2.5 | X = 4122,732 | V = 3296,613 | ALFA = 737,165 |
| TO = 2.6 | X = 4321,082 | V = 3371,456 | ALFA = 759,812 |
| TO = 2.7 | X = 4524,329 | V = 3448,599 | ALFA = 783,175 |
| TO = 2.8 | X = 4732,729 | V = 3528,115 | ALFA = 807,275 |
| TO = 2.9 | X = 4946,555 | V = 3610,079 | ALFA = 832,136 |
| TO = 3.0 | X = 5166,071 | V = 3694,568 | ALFA = 857,782 |

TABLA 1

REFERENCIAS:V es V_{RMS} TO está en segundos, X en metros, V en m/s y ALFA en m/s^2 .

Adhesión:

BYRON JACKSON ARGENTINA I.C.S.A.

TECNICAGUA

SOCIEDAD



ANONIMA

COMPañIA ARGENTINA DE
PERFORACIONES Y SERVICIOS
PARA LA INDUSTRIA PETROLERA

OFICINAS CENTRALES:
RODRIGUEZ PEÑA 2255
ZONA INDUSTRIAL
GODOY CRUZ - MENDOZA
ARGENTINA

TELEFONOS
228500
228344

TELEX
55254
"TECSA"

Servicios petroleros
(perforación, terminación,
reparación e intervención).
Producción de petróleo y gas.
Estudios geológicos y mineros
y estudios de ingeniería
de reservorios.



Ingeniería de construcciones
mecánicas.
Instalación de cargaderos
costa afuera.
Construcción de equipos de
reparación e intervención.

QUTRAL-CO

CERRITO 822 - C.P. 1010 - BUENOS AIRES - TEL.: 46-4425/46-9185

BASES: MENDOZA - NEUQUEN - CATRIEL - RINCON DE LOS SAUCES - PLAZA HUINCUL - COMODORO
RIVADAVIA - PICO TRUNCADO - RIO GALLEGOS.

POLARIDAD, DESFASE Y SECUENCIA EN LOS TRANSFORMADORES

Ing. Roberto De Rossetti

Se estudian estos conceptos que afectan las relaciones entre los elementos de una transformación polifásica, determinan propiedades individuales, condicionan la conexión en paralelo (relaciones mutuas), permiten la formación de instalaciones polifásicas con elementos monofásicos y las transformaciones especiales.

Dichos conceptos son:

- 1) Polaridad propia de un devanado.
- 2) Polaridad relativa de dos devanados.
- 3) Desfase de un sistema o desplazamiento angular
- 4) Desfase entre sistemas.
- 5) Secuencia de fases u orden de rotación de los vectores.

1) POLARIDAD PROPIA DE UN DEVANADO

Expresa las relaciones de signo entre el flujo (Φ) y las magnitudes eléctricas (U, I).

Dado un devanado, si se supone alimentado por corriente continua y se adopta por convención un sentido positivo para las corrientes en cualquiera de los dos terminales posibles; el sentido del flujo queda determinado por la regla de Maxwell (FIGURA 1). Queda definido así el devanado por su "polaridad" o signo de sus magnitudes eléctricas.

La nomenclatura a usar puede ser: una flecha en el devanado con el signo (+) o (-) según el sentido; un punto (.) para uno de ellos sin marcar el otro o las letras (K) o (L).

Otra de las relaciones que se debe considerar es la denominada "polaridad axial" de la bobina. Esta indica el sentido en que avanza la corriente en el devanado (FIGURA 2).

En las figuras siguientes se grafican los conceptos expuestos:

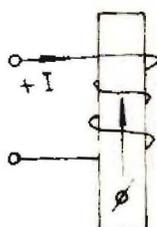


Fig. N° 1

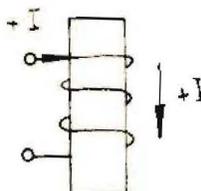


Fig. N° 2

La convención adoptada también se puede aplicar a la inversa, es decir, fijando un sentido para el flujo y determinar el signo para la corriente. De esta manera puede observarse mejor cómo la forma en que esta ejecutado el devanado afecta la polaridad. Por ejemplo, en las FIGURAS 3 y 4, vemos que arrollamientos devanados en sentido contrario, y para igual sentido de flujo, cambian las polaridades de los terminales y la axial.

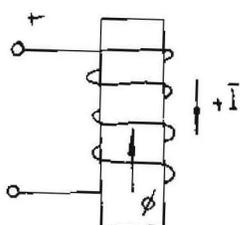


Fig. N° 3

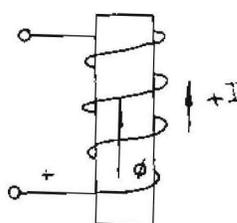


Fig. N° 4

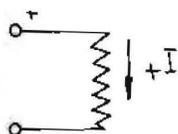
Así queda también definida la polaridad de los terminales por la condición de que la corriente sale del terminal o llega a él:



Tendrán igual polaridad cuando tengan igual condición, por ejemplo:



La polaridad axial determina la de los terminales. Por esto suele no dibujarse el detalle del bobinado y esquematizarlo indicando la polaridad axial. (FIGURA 5).



Los conceptos expuestos nos permiten efectuar las conexiones de las bobinas debidamente.

Fig. N° 5

2) POLARIDAD RELATIVA DE DOS DEVANADOS

Se consideran dos devanados de una misma fase concatenados por un flujo común. Las polaridades quedan perfectamente definidas por la relación invariable que existe entre los tres elementos: las dos bobinas y el flujo.

Queda definido de esta manera si dos terminales, uno primario y otro secundario, son o no de la misma polaridad.

• La propiedad fundamental que caracteriza la polaridad relativa es la / que, suponiendo un transformador monofásico e imaginando unidos por un // puente los terminales de igual polaridad, hace que la corriente de carga circule en cada instante en coincidencia de fase por las líneas primarias y secundarias, es decir, supuesto de relación 1:1, como si el mismo no // existiese. (FIGURA 6).

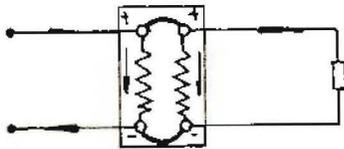
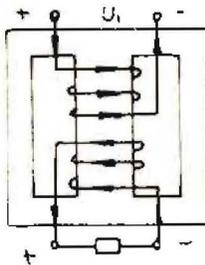


Fig. N° 6

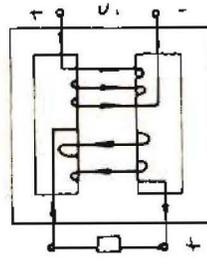
Las flechas en las líneas indican el sentido real, físico de las corrientes (recordar el diagrama vectorial: circulan casi en oposición de fase), en cambio las flechas en los devanados indican la polaridad de los mismos.

Consideremos dos transformadores monofásicos acorazados con los secundarios arrollados en sentido contrario uno del otro (FIGURA 7 y 8). Analicemos el fenómeno físico y determinemos las polaridades de los terminales, aplicando los conceptos de la propiedad fundamental.



Polaridad sustractiva

Fig. N° 7



Polaridad aditiva

Fig. N° 8

Se trazaron las corrientes desfasadas 180°, y aquellos terminales que supuestos unidos, permiten el paso de la corriente en el mismo sentido en ese instante, pertenecen a la misma polaridad.

Consideremos ahora los mismo ejemplos, aplicando los conceptos de polaridad. Se fija un flujo y se determina el sentido de las corrientes según Maxwell (FIGURA 9 y 10). Adoptamos como positivo el terminal del que sale la corriente.

Fig. N° 9

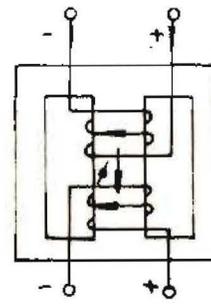
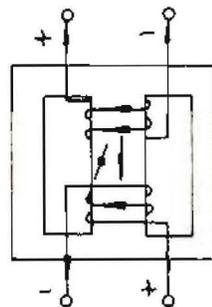


Fig. N° 10

Observamos que el método considerando polaridades (FIGURA 9 y 10) determina la misma polaridad de bornes que en el hecho físico (FIGURA 7 y 8).

Nótese que en los conceptos de polaridad (FIGURA 9 y 10) no se indica / tensión aplicada al primario ni carga.

Cuando los arrollamientos están devanados en el mismo sentido la polaridad se denomina sustractiva (FIGURA 7 y 9) y cuando lo están en sentido contrario, aditiva (FIGURA 8 y 10).

En otras palabras, se puede decir que:

Un terminal primario y otro secundario son de igual polaridad cuando, en cada instante, la corriente de carga entra por el terminal primario y sale por el secundario siguiendo la misma dirección, tal como si ambos terminales formasen un circuito continuo; o bien, // cuando las espiras conectadas a los mismos, en su paso de uno a otro terminal, conservan el mismo sentido de giro o dirección, alrededor del núcleo.

Dos bornes de igual polaridad se dicen que son "Homólogos".

Método de Ensayo

Existen tres métodos para determinar si la polaridad es aditiva o sustractiva (Norma IRAM N° 2104); analizaremos sólo uno, el denominado Método de Tensión Aplicada. La conexión para el ensayo es la siguiente (FIGURA 11).

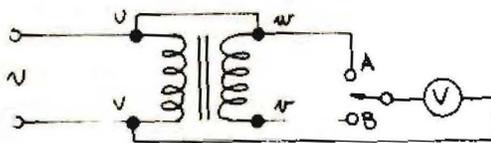


Fig. N° 11

Cuando se verifique que $U_A > U_B$, la polaridad será sustractiva y los terminales unidos serán de la misma polaridad.

Cuando $U_A < U_B$, será aditiva y los terminales unidos distintos.

Aplicando los conceptos de polaridad y dibujando el mismo circuito pero de otra manera, se deduce la explicación del método. (FIGURAS 12 y 13).

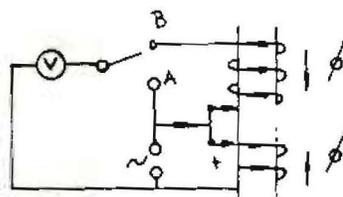


Fig. N° 12

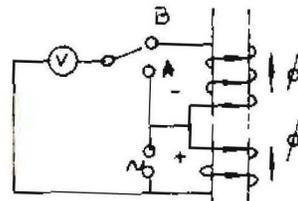


Fig. N° 13

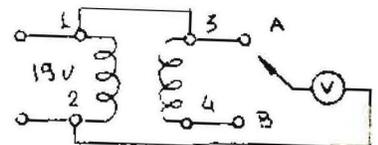
En la FIGURA 12 los arrollamientos están devanados en igual sentido, polaridad sustractiva (flujos Opuestos) la tensión en B es menor que en A. A la inversa ocurre en la FIGURA 13.

Aplicación

Este concepto nos permite determinar, mediante un ensayo, si dos arrollamientos están devanados en un mismo sentido o no.

EJEMPLO:

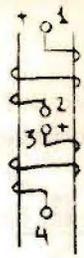
En un transformador desconocido, se puentean los bornes 1 y 3, y se aplica al primario una tensión de 19 V.



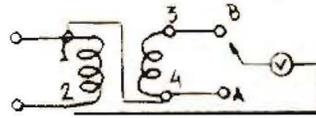
Se obtienen las siguientes mediciones

$$\begin{aligned} \text{PRIM: } U_A &= U_{2-3} = 19 \text{ V} \\ \text{SEC.: } U_{3-4} &= 6\text{V} - \text{SUST.} \\ U_B &= U_{2-4} = 13 \text{ V} \end{aligned}$$

Como $U_A > U_B$ ($19 > 13$) la polaridad será sustractiva, los devanados están en igual sentido (mirándolos desde los bornes 1 y 3), y los bornes puenteados son de igual polaridad



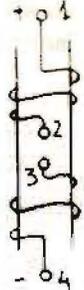
Si se puentean los bornes 1 y 4:



$$\text{PRIM: } U_A = U_{2-4} = 19 \text{ V}$$

Se obtienen las siguientes mediciones: SEC.: $U_{3-4} = 6 \text{ V} + \text{ADIT.}$

$$U_B = U_{2-3} = 25 \text{ V}$$



Como $U_A < U_B$ ($19 < 25$) la polaridad será aditiva, los devanados, (mirándolos desde los bornes 1 y 4) están en sentido contrario y los bornes puenteados son de distinta polaridad.

El nombre también derivaría del hecho de que, conectados los devanados en serie según el ensayo, las tensiones de los devanados se restan (polaridad sustractiva) o se suman (Polaridad aditiva).

3) DEFASE DE UN SISTEMA.

El desfase o desplazamiento angular de las magnitudes eléctricas en los devanados, pueden presentar los siguientes valores: 0° , 180° , 120° y 60° . Veamos cada uno de ellos.

Desfase de 0° y 180°

Considerados dos devanados y elegido el sentido (+) en uno de ellos (FIGURA 14), por ejemplo el borne 1, en el otro se podrá tomar como sentido positivo (+) uno u otro de los dos posibles, el borne 3 ó 4.

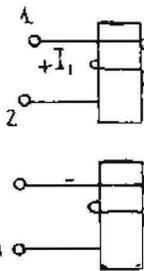


Fig. N° 14

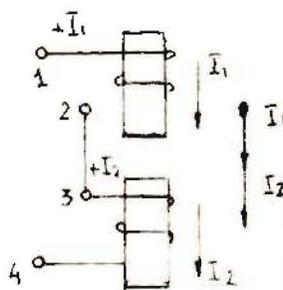


Fig. N° 15

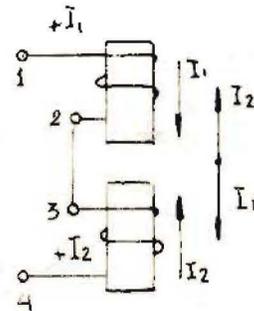


Fig. N° 16

Considerando (+) el borne 3 (FIGURA 15) las polaridades axiales serán / coincidentes, luego las corrientes están en fase; en cambio tomando como positivo el borne 4 (FIGURA 16) las polaridades axiales son opuestas y las corrientes estarán desfasadas 180° . También puede decirse que si los prin-

cipios o fines de cada bobina tienen igual polaridad están en fase y si no lo tuviesen están a 180° .

Aplicación:

De estos conceptos se deduce que una bobina alimentada por su punto medio, nos determina dos fases en oposición (FIGURA 17). Es lo que ocurre en el caso práctico de un transformador monofásico cuyo secundario tiene punto medio (FIGURA 18) usado en rectificación.

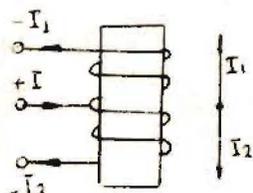


Fig. N° 17

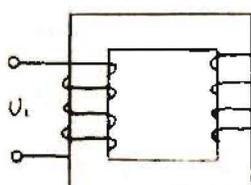


Fig. N° 18

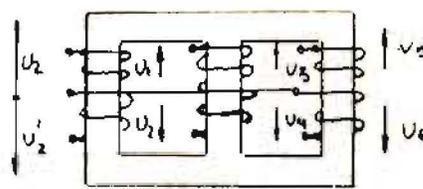


Fig. N° 19

Haciendo extensivo este principio a las tres columnas de un transformador trifásico, se obtiene un sistema exafásico.

Uniendo los puntos medios de las columnas (FIGURA 19) cada una tiene / dos tensiones en oposición con sus puntos medios en común. Cada una de ellas está desfasada 120° respecto de la otra, por el desfase de la tensión trifásica a la que se conecta el primario del transformador (en la FIGURA 19 está representado el secundario solamente). Por consiguiente la dirección de $U1-U2$ está a 120° respecto a la dirección de $U3-U4$ y está a 120° de $U5-U6$. El diagrama vectorial resultante es el de la FIGURA 20, en el que se ven las seis fases con seis tensiones iguales.

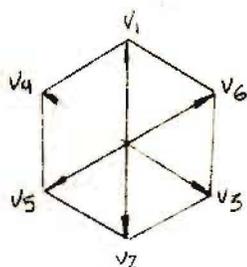
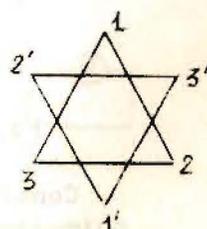
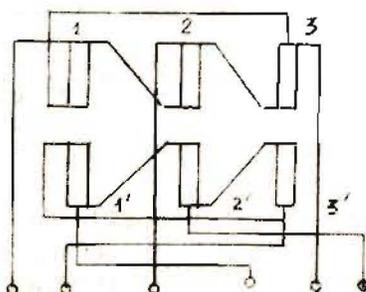
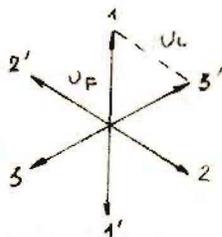
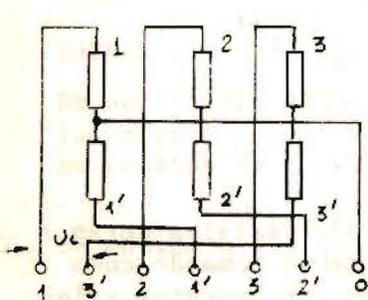


Fig. N° 20

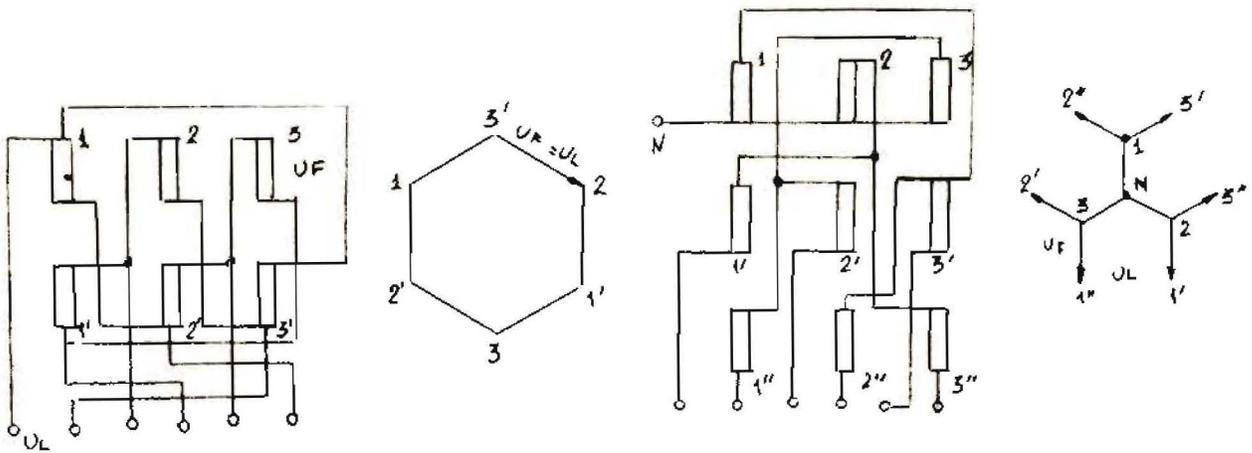
Conexiones Exafásicas

Se indican a continuación, las conexiones exafásicas posibles y sus / respectivos diagramas vectoriales.



En anillo

Tirple Estrella u orquilla



Transformación dodecafásica: es posible obtener un sistema con 12 fases ello se consigue con dos transformadores exafásicos en paralelo, uno Δ \times y el otro Δ \times

Aplicación: los transformadores trifásicos-exafásicos se usan para rectificación en tracción eléctrica.

Desfase de 120°

Si las bobinas estuviesen conectadas a dos fases de un sistema trifase, las corrientes de alimentación estarían desfasadas 120° (FIGURA 21).

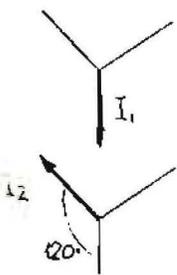


Fig. 21

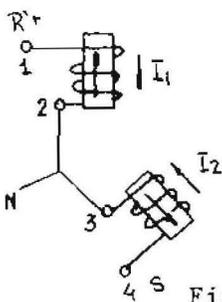


Fig. 22

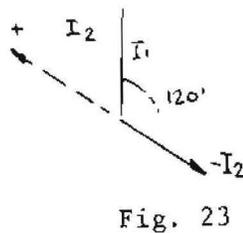


Fig. 23



Fig. 24

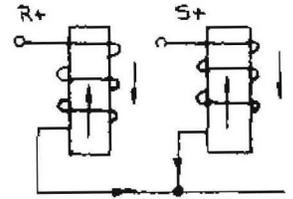


Fig. 25

Haciendo el mismo análisis anterior, es decir, eligiendo como borne + al 4 (FIGURA 22); las corrientes de oponen (se restan vectorialmente), están conectadas en serie sustractiva, por consiguiente quedan desfasadas 120° (FIGURA 23) o lo que es lo mismo representadas según FIGURA 24.- Ordenando la FIGURA 22 de otra manera queda la FIGURA 25. De ella se deduce la siguiente aplicación:

Aplicación:

Si se tienen tres bobinas devanadas iguales, conectando los principios o fines entre sí (FIGURA 26), se obtiene una conexión estrella (FIGURA 27) Las flechas de polaridad (vectores) llegan o salen del nudo.

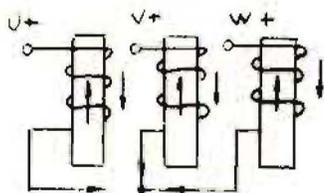


Fig. N° 26

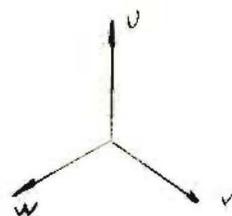


Fig. N° 27

Desfase de 60°

En las mismas condiciones iniciales anteriores, (FIGURA 21) pero eligiendo como borne + al 3 (FIGURA 28)

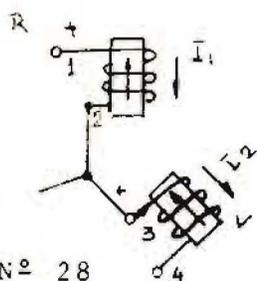


Fig. N° 28

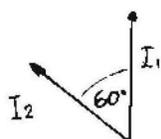


Fig. N° 29

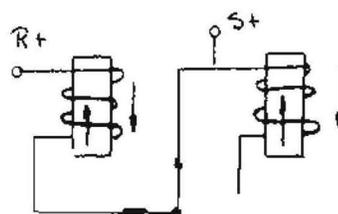


Fig. N° 30

Las corrientes aparecen en igual sentido (suma vectorial) quedan conectadas en serie aditiva, por lo tanto a 60° (FIGURA 29). Ordenando la FIGURA 28 quedaría como FIGURA 30. De esta última se obtiene la siguiente aplicación.

Aplicación:

Dadas tres bobinas igualmente devanadas, conectando el fin de una con el principio de la siguiente (FIGURA 31) se obtiene la conexión triángulo (FIGURA 32).

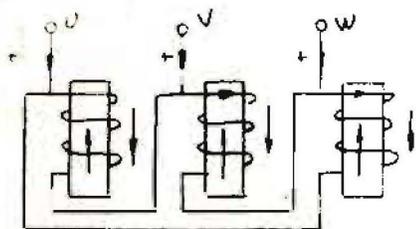


Fig. N° 31

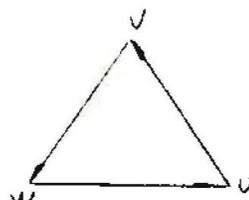


Fig. N° 32

Otra Aplicación:

Aplicaremos los dos conceptos anteriores a la denominada "conexión zigzag". Esta consiste en dividir cada columna de un transformador trifásico en dos partes iguales y conectar cada mitad, en serie con una mitad de la columna siguiente y así sucesivamente (FIGURA 33). Esto da la posibilidad de conectar la bobina de una columna (U_1) a uno u otro borne de la bobina de la columna siguiente (V_n). Si la elección fuese errónea, el devanado se quema.

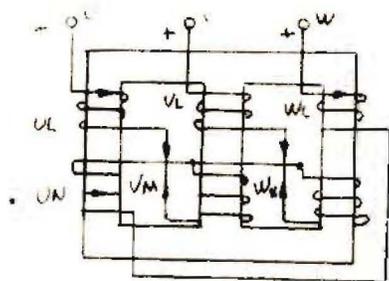


Fig. N° 33

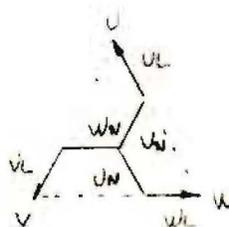


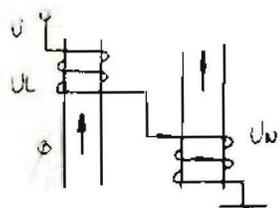
Fig. N° 34

Apliquemos los conceptos de polaridad: 1^o) fijamos un sentido para el flujo en las tres columnas, 2^o) determinamos las corrientes, 3^o) si conectamos el fin de U_1 con el fin de V_n , quedan unidas en serie sustractiva (fin con fin), luego las bobinas están a 120° (VER FIGURA 25), 4^o) repitiendo la conexión para las demás bobinas y uniendo los principios de U_n , V_n y W_n , para determinar el neutro, se obtiene la conexión correcta en zig-zag.

Para el trazado del diagrama vectorial se procede de la siguiente manera:

- 1^o) Las bobinas U_n , V_n y W_n , tienen conectadas sus principios entre sí (neutro) y están en columnas a 120° , por consiguiente forman una estrella, luego se pueden trazar sus vectores a 120° entre sí.
- 2^o) U_n está en serie sustractiva con W_1 por tanto desfasadas 120° . Al extremo de W_1 se encuentra el borne W .
- 3^o) De la misma forma se procede para las otras dos columnas.
- 4^o) U_n y U_1 son paralelos por pertenecer a la misma columna.
- 5^o) Los sentidos de los vectores U_n y U_1 son opuestos porque las corrientes en uno van de neutro a borne y en el otro de borne a neutro.

Si la conexión se hubiese efectuado al otro borne posible (FIGURA 35), habrían quedado unidas en serie aditiva (fin con principio) lo que determinaría un desfase de 60° (VER FIGURA 29) y el diagrama vectorial sería el de FIGURA 36.



Aplicación: Fig. 35



Fig. 36

Las tensiones entre bornes serían menores, aunque las bobinas que componen el sistema sean iguales, entonces al aplicarles la tensión que correspondería, que es mayor, quemaría los devanados.

1^o) La conexión zig-zag se usa en transformadores reductores de tensión, conexión Yz , para distribución, dado que provee de neutro y equilibra las cargas, en un consumo desequilibrado, porque los A_v secundarios afectan a dos columnas simultáneamente.

3^o) Autotransformadores, relación 1:1, para protección en caso de tierra accidental de un conductor en líneas trifásicas.

4) DESFASE ENTRE SISTEMAS

Los devanados de las tres columnas de un transformador trifásico se pueden unir entre sí, formando tres sistemas de conexión principales: triángulo, estrella y zig-zag.

Además tenemos dos juegos de devanados trifásicos, uno primario y otro secundario, que pueden tener cada uno un sistema de conexión.

Las polaridades y desfases, por este hecho, están ya definidas. Pueden resultar alteradas de acuerdo a como se conecten entre sí los devanados de cada columna. Porque, así, las conexiones triángulo y zig-zag admiten cuatro formas de realizarse y la conexión estrella, dos (FIGURA 37).

ESQUEMA

Conexión estrella

Conexión triángulo

Conexión zig-zag

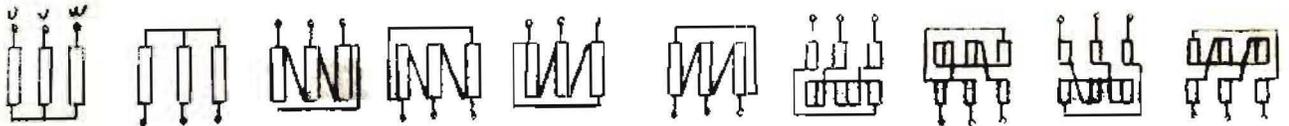


DIAGRAMA VECTORIAL

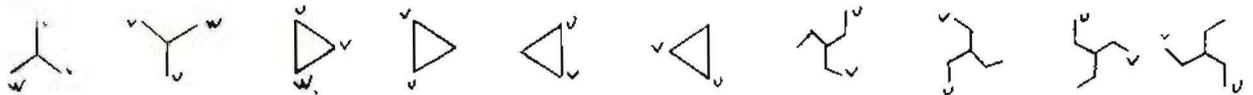


Fig. N^o 37

Estas posibilidades, aplicadas al primario y secundario, originan una polaridad y desfase determinados, entre ellos.

Para designar la conexión se usa una letra mayúscula para el primario y minúscula para el secundario, empleando las letras D y d respectivamente para el triángulo, Y e y para la estrella; Z y z para el zig-zag. El ángulo de desfase entre primario y secundario se representa por un número que, en la designación C.E.I., coincide con el de la hora exacta en un reloj. El ángulo de desfase corresponde al ángulo que forman las agujas a esa hora (FIGURA 38).

| INDICE | POSICION AGUJAS | ANGULO |
|--------|-----------------|--------|
| 0 | ⊙ | 0° |
| 6 | ⊖ | 180° |
| 5 | ⌚ | 150° |
| 11 | ⌚ | -30° |

Queda así designado, con dos letras y un número, el "grupo" al cual pertenece el transformador. Por ejemplo, un transformador conectado en triángulo en el primario, y estrella en el secundario y desfase de -30°, pertenece al grupo: D y 11.

FIGURA 38

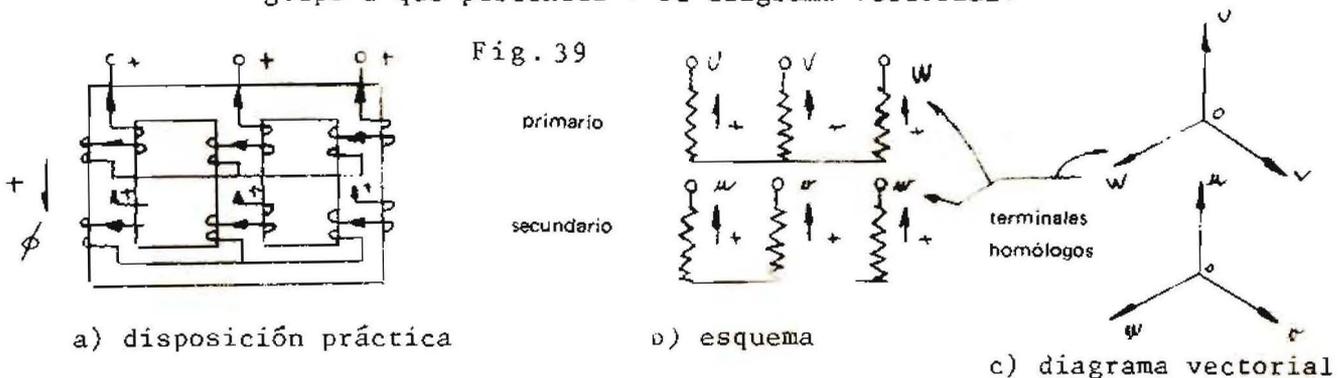
Es de interés destacar que:

En un transformador ya construido, si se cambia la alimentación de un lado al otro, es decir alimentado por el primario se pasa a alimentarlo por el secundario o viceversa, cambia el desfase de la máquina.

Ejemplo: Un transformador Dy11 para a ser Yd1.

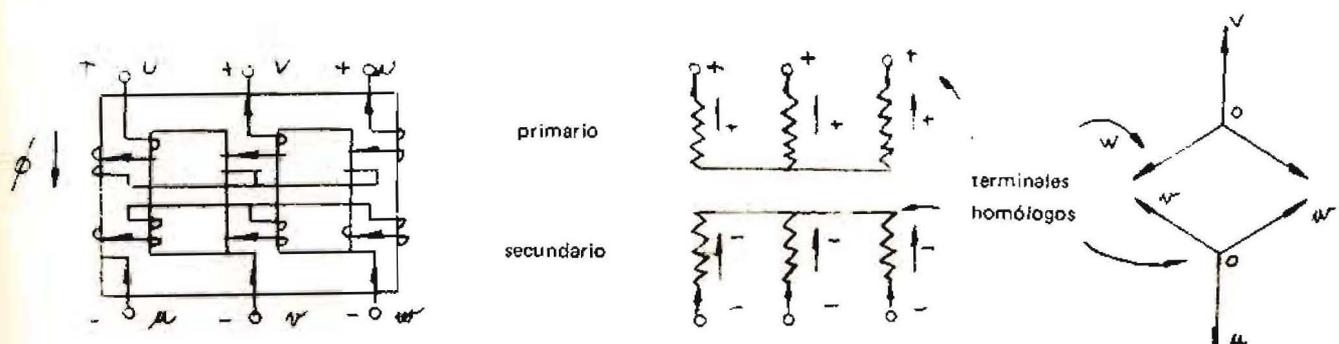
EJEMPLOS:

Ejemplo A) Dada una conexión estrella-estrella (FIGURA 39), determinar el grupo a que pertenece y su diagrama vectorial:



- 1º) Elegimos arbitrariamente la polaridad del sistema de terminales primarios, conviniendo el siguiente sentido como positivo: $\overset{+}{\longleftarrow}$
- 2º) Queda determinado el sentido (+) para el flujo Φ .
- 3º) Se determina la polaridad de los bornes secundarios.
- 4º) Se traza el diagrama vectorial primario, en posición arbitraria, puesto que lo que define el desfase es la posición relativa entre los sistemas primario y secundario.
- 5º) La dirección en el devanado u es la misma que en el U por estar concatenados por el mismo flujo, y en el sentido coincidente por idéntica / polaridad de los terminales o sea terminales homólogos (flechas de polaridad en el esquema). Por tanto se traza O-u paralelo a O-U y en el mismo sentido. Se procede igual para las otras columnas.
- 6º) El ángulo entre O-u y O-U es 0° , luego el grupo es Y y 0.

Ejemplo B) Determinar el grupo y diagrama vectorial para la conexión de la FIGURA 40.



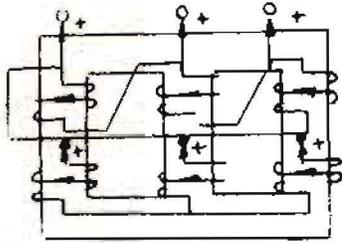
Se procede siguiendo los mismos pasos que en el ejemplo anterior.-

Las polaridades del secundario son contrarias a las del primario, por consiguiente se traza el vector $O-u$ paralelo y de sentido contrario al $O-U$.

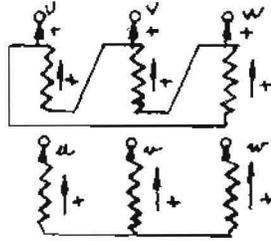
El ángulo entre $O-u$ y $O-U$ es de 180° , luego el grupo es: $Yy6$.

En resumen: Adoptando el convenio derivado de la regla de Maxwell (FIGURA 39a y 40a), cuando las polaridades de los terminales de línea son inversos el desfase es de 180° , (FIGURA 40b) y si son iguales, será de 0° (FIGURA 39b). Todo esto concuerda con las conclusiones de FIGURA 16.-

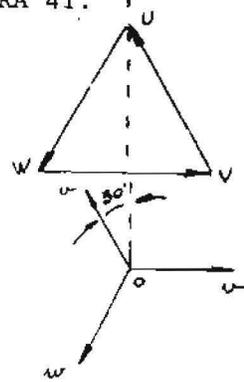
Ejemplo C) El mismo problema para la conexión de la FIGURA 41.



a) disposición práctica



b) esquema



c) diagrama vectorial

En la columna U la polaridad va de V a U, en la columna V va de W a V y en la W, de U a W.

En el secundario en la columna u la polaridad se dirige de o a u, entonces se traza paralelo a UV y en el mismo sentido, porque las polaridades de los terminales de línea son iguales. El mismo criterio se usa para las demás columnas.

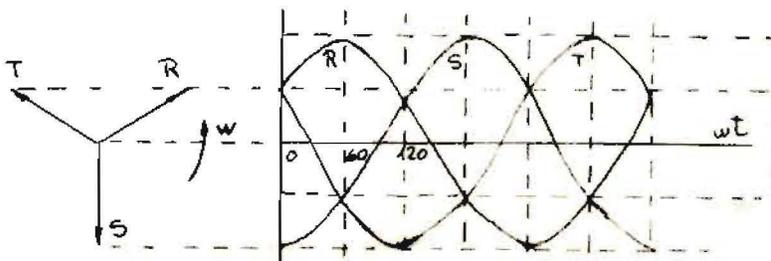
El ángulo que forma $O-U$ en el triángulo, con $o-u$ en la estrella, es de -30° , luego el grupo es $Dy11$.

En los ejemplos planteados se observa que en las conexiones estrellas las flechas de polaridades convergen o divergen del centro y en las conexiones triángulo giran en un sentido u otro dependiendo de la polaridad que se adopte para los terminales.

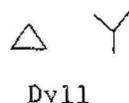
5) SECUENCIA DE FASES

También llamada orden de rotación de los vectores.

Es la sucesión en el tiempo, de los máximos de los parámetros eléctricos tensión o intensidad, en las tres fases de un sistema. A ella corresponde un sentido de rotación del diagrama vectorial (FIGURA 42).



- conexión
- grupo



Es de notar que en la designación del grupo queda implícita la conexión y el desfase.

Existe un método denominado "Método del diagrama vectorial" (Norma IRAM N° 2104) que mediante simples lecturas de tensión puede determinarse la polaridad, desfase y secuencia de un transformador.

El procedimiento de ensayo consiste en lo siguiente: Se conecta un borne de un arrollamiento con el correspondiente del otro, (por ejemplo U con u, FIGURA 44).- Se aplica a uno de los arrollamientos.

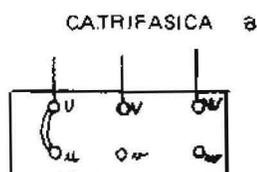


Fig. N° 44

Una tensión alterna de valor adecuado al voltímetro a usar. Se miden / las tensiones entre bornes. Con el análisis de los valores obtenidos se deducen las características buscadas.

EJEMPLO:

Grupo Yd11 o Dy11; trifásico; 30°; sustractivo; coincidente (FIGURA 45)

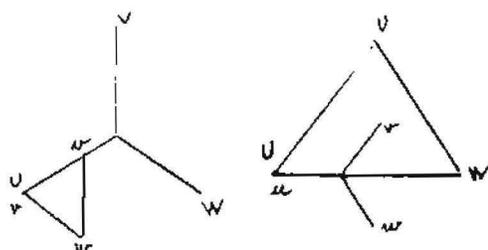


Fig. N° 45

Este caso queda determinado por las condiciones siguientes:

- desplazamiento angular 30°: $Ww = Wv$
- polaridad sustractiva: $Wv < UW$
- secuencia coincidente: $Vv < Vw$
- además debe verificarse:
 $Vv = Ww$; $Vw > Wv$

OTROS EJEMPLOS PRACTICOS:

A) Dado un núcleo a dos columnas, con un devanado en cada una de ellas:

A.1.) Uniendo fin con fin de cada devanado, se obtiene un desfase de 0°

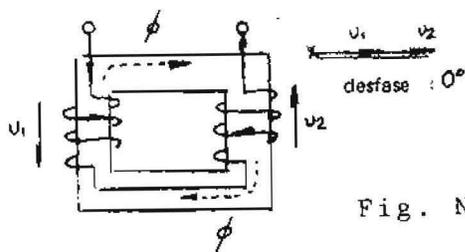


Fig. N° 46

Aplicación: Es el caso de los Transformadores monofásicos a columnas en que tanto el 1° como el 2° tienen la mitad del devanado en cada columna (FIGURA 46).

A.2.) Uniendo el fin de un devanado con el principio del otro, se obtiene un desfase de 180° (FIGURA 47).

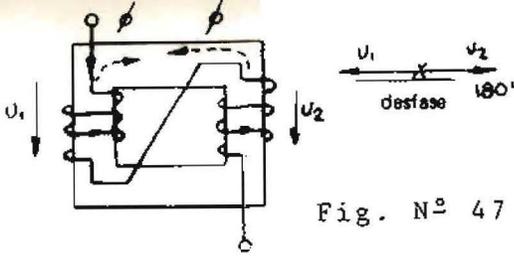
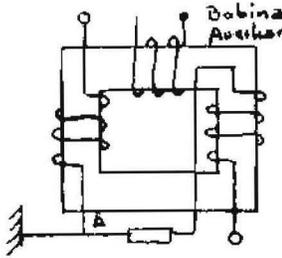


Fig. N° 47

Aplicación: Es el caso del transformador diferencial (FIGURA 48) Cuando se aplica tensión a los bornes, y en caso de carga equilibrada, no hay flujo, por consiguiente no aparece tensión en la bobina auxiliar. Cuando se produce un desequilibrio, por ejemplo un contacto a tierra del punto A, predomina el flujo en una bobina, que al concatenar a la bobina auxiliar induce en ella una f.e.m., que puede alimentar un interruptor y desconectar la alimentación.

Fig. N° 48



B) Dado un núcleo a tres columnas, con dos devanados, uno en cada extremo:

B.1.) Uniendo fin con fin de cada devanado, se obtiene un desfase de 120° .

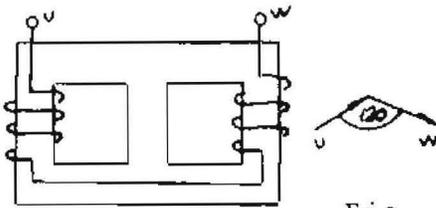


Fig. N° 49

Aplicación: Conversión trifásico-monofásico.-

El transformador posee un 1º trifásico normal y el 2º monofásico en V abierta (FIGURA 49).

B.2.) Uniendo el fin de un devanado con el principio del otro, se obtiene un desfase de 60° .

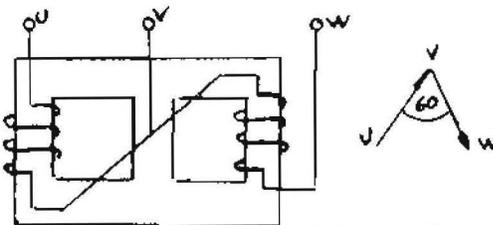


Fig. N° 50

Aplicación: Transformadores o auto transformadores para arranque de / motores eléctricos.

Son máquinas trifásicas con dos devanados y con tensiones equilibradas, denominadas conexión en V (FIGURA 50) o triángulo abierto.

C) Dos transformadores monofásicos, montaje en V, para formar un sistema trifásico de medición, para alimentación de voltímetros, watímetros, contadores, etc.; según la disposición de FIGURA 51. Los devanados deben estar a 60° .

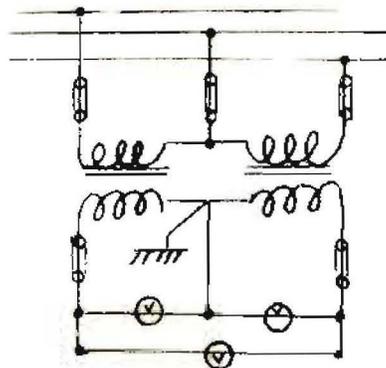


Fig. N° 51

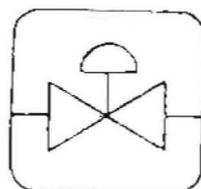
B I B L I O G R A F I A:

- 1º) La Escuela del Técnico Electricista - Tomo VII - Ed. Labor - 1960
- 2º) Transformadores. Convertidores - Enciclopedia CEAC de Electricidad - 1974.
- 3º) Norma IRAM N° 2104 - 1950.

Imprenta Dr. Heriberto Windhausen
de la Facultad de Ingeniería
de la U.N.C.
Mendoza - República Argentina

PRESENTE DESDE 1965 EN LOS YACIMIENTOS DE PETROLEO Y/O GAS DEL PAIS

- **Inspección no Destructiva de materiales en la explotación petrolífera.**
- **Servicio de mediciones físicas en pozos de petróleo y/o gas.**
- **Atención y mantenimiento de instalaciones de producción en Yacimientos.**
- **Servicio de Termografía infrarroja.**



- **Proyecto y construcción de equipos e instalaciones para telemetría y/o telecomando en instalaciones petrolíferas.**

Maipú 215 - 4º Piso - 1084 Capital Federal

Tel. 40-3472/73/2779 - 45 - 9955/9688

Sucursales en los principales yacimientos del país

Adhesión _____

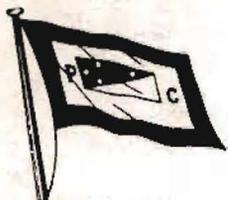
KOBE ARGENTINA S.A.

PATRIA PETROLEO PROGRESO

**El mismo
comienzo para
un solo fin.**

El **petróleo**, como dinamizador de la economía es un recurso fundamental que actúa de manera determinante sobre el presente y futuro de nuestra **Patria** y sobre el **progreso** y bienestar de todos sus habitantes.

**Aumentar las reservas
y la producción de Petróleo
es agrandar la Patria.**



PEREZ COMPANC:
nuestro socio.. el país.

