

## 23.02

### **METYDOS: UN PAQUETE DE PROGRAMAS PARA LA VALORACION DEL IMPACTO RADIOLOGICO AMBIENTAL EN CONDICIONES NORMALES Y DE ACCIDENTE DE LA FABRICA DE COMBUSTIBLES DE OXIDO DE URANIO DE JUZBADO.**

**F. RECIO, G. SANCHEZ, J. DELGADO, W. GARCIA, J. A. GARCIA y M. CALABOZO**  
ENUSA

#### **INTRODUCCION**

ENUSA en su Fábrica de Juzbado ha desarrollado un paquete de programas denominado METYDOS, adaptado a las particularidades de esta instalación, que realiza las siguientes funciones:

- Gestión de los datos procedentes de la estación meteorológica:
  - Captura, tratamiento, validación y almacenamiento de los datos meteorológicos.
  - Obtención de matrices de frecuencia viento-estabilidad.
  - Cálculo de coeficientes de dilución en condiciones normales y de accidente.
- Cálculo de dosis al exterior del emplazamiento por emisión de efluentes radiactivos gaseosos, tanto para condiciones normales como de accidente (en este caso el programa es aplicable en tiempo real).
- Cálculo de dosis por emisión de efluentes radiactivos líquidos.

Las ventajas principales de este paquete de programas son las siguientes:

- El paquete es aplicable en un ordenador de uso general. Para los datos capturados dispone de un pequeño ordenador al pie de la torre que puede almacenar los datos unas cuarenta horas transmitiéndolos al ordenador de uso general cuando éste se lo solicita. De esta forma se ha evitado la necesidad de disponer un equipo específico para el tratamiento de los datos meteorológicos.
- Está estructurado de tal forma que a partir de un menú inicial se puede ir accediendo a las opciones deseadas

sin que prácticamente sea necesario el empleo de un manual. No es necesario una cualificación elevada para manejar el programa.

- El paquete posee varias rutinas automáticas que evitan la dedicación de personas y la pérdida de datos, p.e. la captura de datos la realiza el ordenador de forma automática a varias horas de tal forma que si por cualquier motivo se han perdido datos (problema de transmisión de la línea que va a la estación meteorológica) el programa puede recuperarlos realizando la captura horas más tarde. El tratamiento de datos que exige más tiempo de ordenador se realiza por el propio ordenador a horas nocturnas, cuando la ocupación es menor.
- El programa es aplicable a la revisión de los documentos básicos de explotación (Estudio de Seguridad, Plan de Emergencia, etc.) con un ahorro considerable de horas-ingeniero sobre otros programas de funciones similares.

#### **DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS**

El paquete de programas METYDOS lo constituyen 17 programas que se muestran en la figura 1 donde cada programa se identifica por su número rodeado por una pequeña circunferencia. A continuación se hace una descripción breve de cada uno de los programas.

##### **Programas de gestión de datos meteorológicos**

Comprende los programas que están incluidos dentro del recuadro «A» de la figura 1.

##### *TMCAPTU*

Un pequeño ordenador existente en la estación meteorológica (Enviro/Logger) almacena cada quince minutos (tiene la opción de variar este período) los datos proporcionados por los sensores. El programa TMCAPTU transfiere estos datos al Sistema Informático Central uso general existente en la Sala de Ordenadores (Nave de Fabricación) con la periodicidad que previamente se le haya programado (típicamente veinticuatro horas) o bien de forma instantánea.

##### *TMINVA*

Este programa somete cada uno de los datos meteorológicos almacenados a criterios de validación, obtenidos del EPA 600/4-82-060. Los datos «sospechosos» (que no satisfacen algún criterio de validación), se muestran con una letra junto al mismo que permite saber qué criterio de validación no cumplen. Esto sirve al encargado de la estación meteorológica para identificar comportamientos anormales de los sensores y de los equipos asociados y eventualmente proceder a su reparación o sustitución inmediata.

##### *TMMATR*

Este programa tiene por fin elaborar las matrices de frecuencia viento-estabilidad, con los datos obtenidos durante un período de tiempo (generalmente se debe hacer con carácter mensual, trimestral y anual). La confección de las matrices se hace en base a los criterios de estabilidad de Pasquill.

##### *TMEMM*

Elabora los datos meteorológicos mensuales. Estos datos se incorporan a los informes mensuales y anuales de explotación, a informes al Instituto Meteorológico Zonal de Valladolid, y a la Base Aérea de Maticán.

##### *TMPEND*

Proporciona la relación de datos perdidos en el período considerado. Esta pérdida de datos puede deberse a fallos en los sensores, Enviro/Logger o, principalmente, a problemas

en la captura de los datos. En este último caso pueden recuperarse los datos realizando una nueva toma de datos o tecleándolos directamente a partir del listado que cada quince minutos se imprime en la estación meteorológica.

**TMLISTM**

Trata los datos de los sensores meteorológicos y proporciona automáticamente a las horas programadas, o cuando se solicite, un listado de los datos meteorológicos del día anterior.

**TMVARE**

Proporciona una salida impresa de los datos invalidados en el período que se le solicite. Los programas anteriores, salvo que se indique de otra forma, se ejecutan de forma automática sin intervención de ninguna persona.

**TMINDA**

Mediante este programa es posible introducir o corregir datos perdidos o erróneos.

**Cálculo de dosis al exterior de la fábrica, en condiciones normales, por la emisión de efluentes gaseosos**

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro «B» de la figura 1.

**XOQDOQ-82**

Este programa nos ha sido suministrado por NEA DATA BANK y ha sido integrado en el paquete. Su cometido es calcular los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) a las distancias y en los sectores que se deseen.

**TMDAGA**

Este programa calcula las actividades para cada uno de los isótopos que se pueden emitir, a saber  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa-m}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$ . Como datos de entrada utiliza la actividad total emitida y las cantidades producidas de cada enriquecimiento en el período considerado. En el cálculo emplea un fichero que contiene las composiciones isotópicas medidas en el laboratorio químico para cada uno de los enriquecimientos procesados en la fábrica, y a partir de ahí estima la composición isotópica de actividad emitida.

**TMDGCNFA**

Calcula las dosis anuales debidas a la emisión de efluentes radiactivos gaseosos, según el método descrito en la RG. 3.51.

**Cálculo de dosis al exterior de la fábrica por emisión accidental de efluentes radiactivos gaseosos**

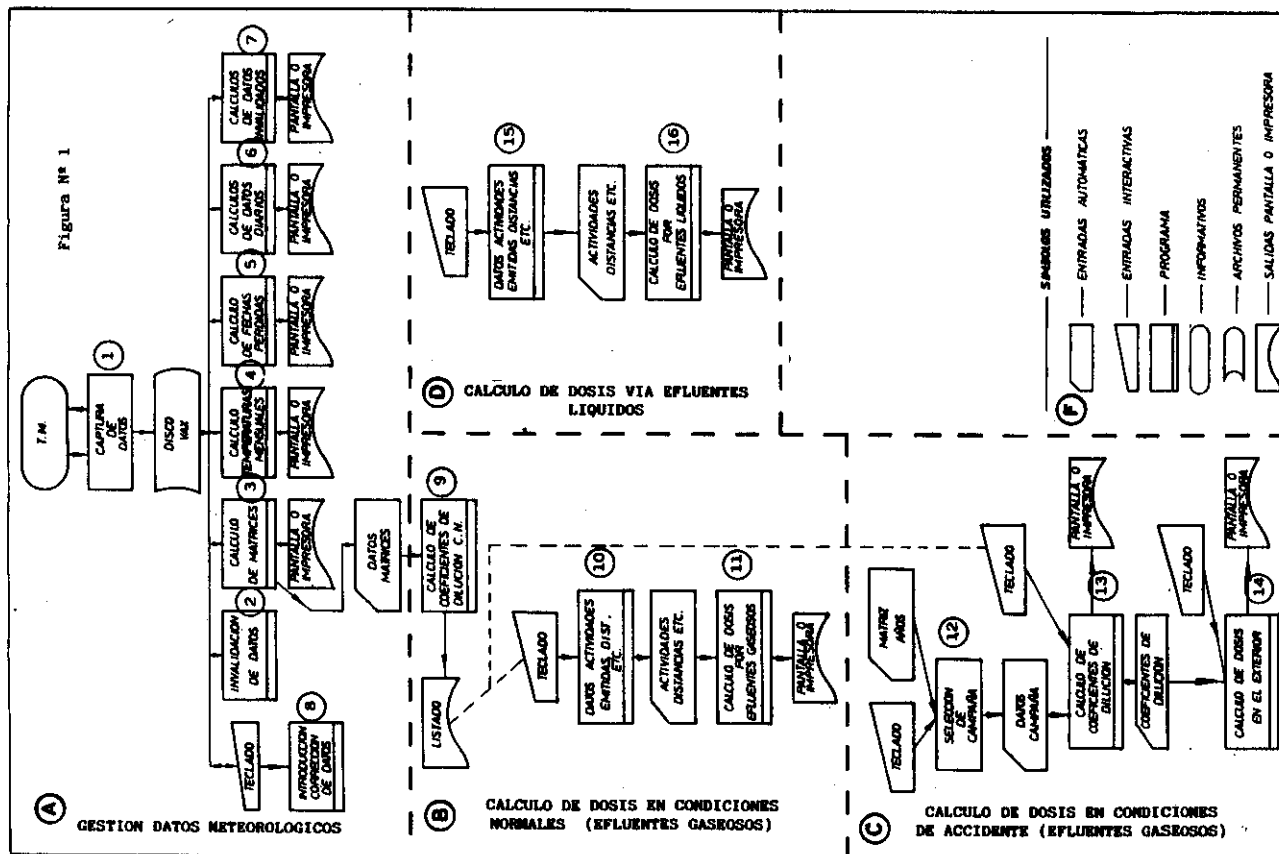
Los programas que se describen en este apartado tienen por objeto final evaluar la dosis que se produciría fuera de la Zona Bajo Control del Explotador en los puntos que se desee por emisión accidental de efluentes radiactivos gaseosos. A continuación describimos cada uno de los programas que forman este grupo, correspondiente al recuadro «C» de la figura 1.

**TMTOTAL**

Este programa almacena los datos de las matrices de frecuencia viento-estabilidad de cada campaña. Una vez que el usuario elige la campaña o campañas que se desee utilizar los datos se transfieren al programa (13) TMXQCAC.

**TXQCAC**

Este programa calcula los coeficientes de dilución según los criterios de la Regulatory Guide 1.145, eligiendo aquel valor



cuya probabilidad de excedencia sea menor, en el sector considerado, al 0,5 %.

**TMDOGACAFA**

Calcula las dosis integradas producidas por la emisión accidental de aerosoles radiactivos al exterior de la nave de fabricación a partir de la actividad emitida para los distintos isótopos (<sup>238</sup>U, <sup>235</sup>U y <sup>234</sup>U), los factores X/Q para cada sector calculados por TMXQCAC, el tiempo que dura la emisión, el tiempo de exposición y la distribución porcentual del AMAD del polvo.

Además puede hacerse una estimación de la dosis en situación de accidente en tiempo real mediante una rutina que desencadena la secuencia de programas siguientes:

TMCAPTU - TMPEND - TMXQCAC - TMENDOLI  
TMDGCNFA

Dentro de la secuencia, cada programa se ejecuta del modo descrito en el apartado correspondiente, con la única diferencia de que en el programa TMXQCAC, en lugar de utilizarse el criterio de seleccionar para cada sector un X/Q cuya probabilidad de excedencia sea del 0,5 %, simplemente se calcula el X/Q promedio del período considerado.

**Cálculo de dosis al exterior de la fábrica por emisión de efluentes radiactivos líquidos**

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro «D» de la figura 1.

**TMENDOLI**

Este programa calcula a partir de las actividades totales vertidas la proporción emitida de cada uno de los siguientes radionucleidos <sup>238</sup>U, <sup>234</sup>Th, <sup>234</sup>Pa-m, <sup>234</sup>U, <sup>235</sup>U.

**TMDLCNFA**

Este programa calcula las dosis anuales por emisión en efluentes radiactivos líquidos, de acuerdo con la RG. 1.109 rev. 1.

**23.03**

**INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS AERODINÁMICAS DE UNA VELETA EN EL CÁLCULO DE DOSIS**

G. SANCHEZ, W. GARCIA y J. M. MESONERO  
ENUSA

**OBJETO**

En esta ponencia se muestra que para una instalación nuclear determinada, las estimaciones de dosis al público en general como consecuencia de la emisión de efluentes radiactivos gaseosos se pueden ver afectados por las características de las veletas que se utilizan para determinar la dirección del viento y la desviación azimutal asociada. Las conclusiones son aplicables a instalaciones no nucleares que emitan aerosoles contaminantes.

**BASES**

Las estimaciones de las dosis, vía efluentes gaseosos, tanto en condiciones normales como de accidente utilizan, entre

otros, como datos de partida los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) del lugar. Para la determinación de estos parámetros se emplean los datos proporcionados por los sensores meteorológicos, especialmente las veletas y los medidores de diferencia de temperatura a distintas alturas. De lo anterior se puede intuir que de alguna manera influyen las características de la veleta en la determinación de los coeficientes de dilución y deposición y por consiguiente de la dosis (realmente existe una dependencia lineal entre los X/Q, D/Q y la dosis). En lo que sigue pretendemos hacer una valoración simplificada de cuál puede ser esta influencia.

**DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE DILUCION Y LA CONCENTRACION EN UN PUNTO**

Se trata de determinar qué coeficiente de dilución X/Q en s/m<sup>3</sup>, se produce en un punto situado a una distancia d, en m, del punto de vertido (supondremos que se trata de una chimenea de altura H en m) a través del cual se emite una tasa de actividad Q, en Bq/s.

Empleando un modelo gaussiano de difusión atmosférica muy simplificado descrito en la ref. 1 se obtiene:

$$[1] \quad X/Q = \frac{2,0320 f}{d \sqrt{\sigma_z}} \exp \left[ -1/2 (H/\sigma_z)^2 \right]$$

donde:

f es la fracción del tiempo considerado en la que el viento sopla en esa dirección; por simplicidad en lo que sigue supondremos que el viento sopla en una sola dirección, es decir f = 1 en esa dirección.

V = Velocidad del viento en m/s.

$\sigma_z$  = Desviación estándar de una distribución gaussiana perpendicular, en el sentido vertical, a la dirección del viento. A continuación veremos cómo se estima este parámetro que es el que más interés tiene para el objetivo que buscamos. [El modelo anterior es extremadamente simple pero es suficiente para lo que se persigue. Modelos más realistas, que son los que realmente se aplican, se pueden encontrar en la ref. 2, para condiciones normales y en la ref. 3 para condiciones de accidente].

El valor de  $\sigma_z$  indicado se obtiene (ver ref.1) a partir de la clasificación de categorías estabilidad de Pasquill como sigue:

- a) El ordenador que recibe los datos de la veleta va determinando cada quince minutos la desviación estándar azimutal,  $\sigma_{\theta}$ , de la dirección del viento, donde:

$$\sigma_{\theta} = \frac{\sqrt{\sum (\theta_i - \bar{\theta})^2}}{n - 1}$$

donde  $\theta_i$  es la dirección en grados del viento en un instante  $t_i$  (la frecuencia de muestreo suele variar entre 1 y 20 seg) y  $\bar{\theta}$  es el valor medio de la dirección del viento en el intervalo considerado (generalmente quince minutos). [Más conveniente es obtenerlo a través de una descomposición vectorial que pondere la intensidad del viento. Por razones de simplicidad no haremos este tratamiento].

- b) A partir de este valor de  $\sigma_{\theta}$  se realiza la determinación las categorías de estabilidad según la tabla I.

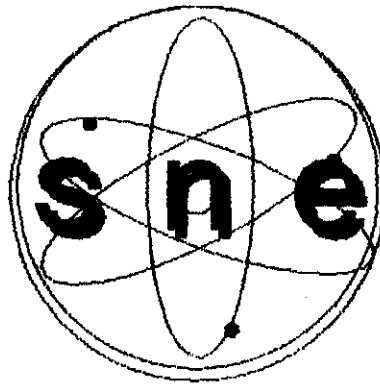
**METODO DE CORRECCION DEL ERROR SEGUN LAS CARACTERÍSTICAS DE LA VELETA**

Vamos a intentar estimar qué influencia tienen las características de la veleta en la determinación de las categorías de estabilidad, y cómo puede corregirse este efecto. En principio podemos asegurar que:

donde

$$\sigma_{\theta}^2 = \sigma_M^2 + \epsilon^2$$

**PONENCIA**  
**XV REUNION ANUAL**  
**DE LA SOCIEDAD NUCLEAR ESPAÑOLA**



**UN PAQUETE DE PROGRAMAS PARA LA VALORACION DEL  
IMPACTO RADIOLOGICO AMBIENTAL EN CONDICIONES  
NORMALES Y DE ACCIDENTE DE LA FABRICA DE  
COMBUSTIBLES DE OXIDO DE URANIO DE JUZBADO**



**ENUSA**  
**Fabrica de Juzbado**  
**Dto Seguridad y P. Radiológica**

**METYDOS:** Un paquete de programas para la valoración del impacto radiológico ambiental en condiciones normales y de accidente de la Fábrica de Combustibles de Oxido de Uranio de Juzbado.

AUTORES:

FELIX RECIO

GUILLERMO SANCHEZ

JAVIER DELGADO

WIFREDO GARCIA

JOSE A. GARCIA

MIGUEL CALABOZO

ENUSA (FABRICA DE JUZBADO-SALAMANCA)

### SINOPSIS

En toda instalación nuclear es necesario disponer de medios que permitan hacer estimaciones fiables del impacto ambiental de la planta, sea debido al funcionamiento normal o como consecuencia de un accidente. Con este objeto se hace preciso llevar un detallado seguimiento de las condiciones meteorológicas en la zona donde se halla ubicada la instalación, pues estas determinan en gran medida el efecto de cualquier emisión de efluentes. Este seguimiento genera una gran cantidad de trabajo rutinario. Por otra parte, los cálculos de evaluación de dosis son en general largos y complicados. Con el fin de optimizar este trabajo, en ENUSA se ha desarrollado un paquete de programas, denominado METYDOS, que realiza las funciones siguientes:

- Gestión automática de los datos meteorológicos.
- Cálculo de dosis por efluentes gaseosos y líquidos en condiciones normales.
- Cálculo de dosis en caso de emisión accidental de efluentes radiactivos gaseosos.

En esta última faceta, el programa incorpora la posibilidad de ser usado en tiempo real, facilitando la estimación de la dosis en una situación de emergencia con mucha mayor aproximación que los métodos manuales usuales.

**METYDOS**: Un paquete de programas para la valoración del impacto radiológico ambiental en condiciones normales y de accidente de la Fábrica de Combustibles de Oxido de Uranio de Juzbado.

AUTORES:

FELIX RECIO  
GUILLERMO SANCHEZ  
JAVIER DELGADO  
WIFREDO GARCIA  
JOSE A. GARCIA  
MIGUEL CALABOZO

ENUSA (FABRICA DE JUZBADO-SALAMANCA)

### INTRODUCCION

Enusa en su Fábrica de Juzbado ha desarrollado un paquete de programas denominado METYDOS, adaptado a las particularidades de esta instalación, que realiza las siguientes funciones:

a) Gestión de los datos procedentes de la estación meteorológica:

- Captura, tratamiento, validación y almacenamiento de los datos meteorológicos
- Obtención de matrices de frecuencia viento-estabilidad.
- Cálculo de coeficientes de dilución en condiciones normales y de accidente.

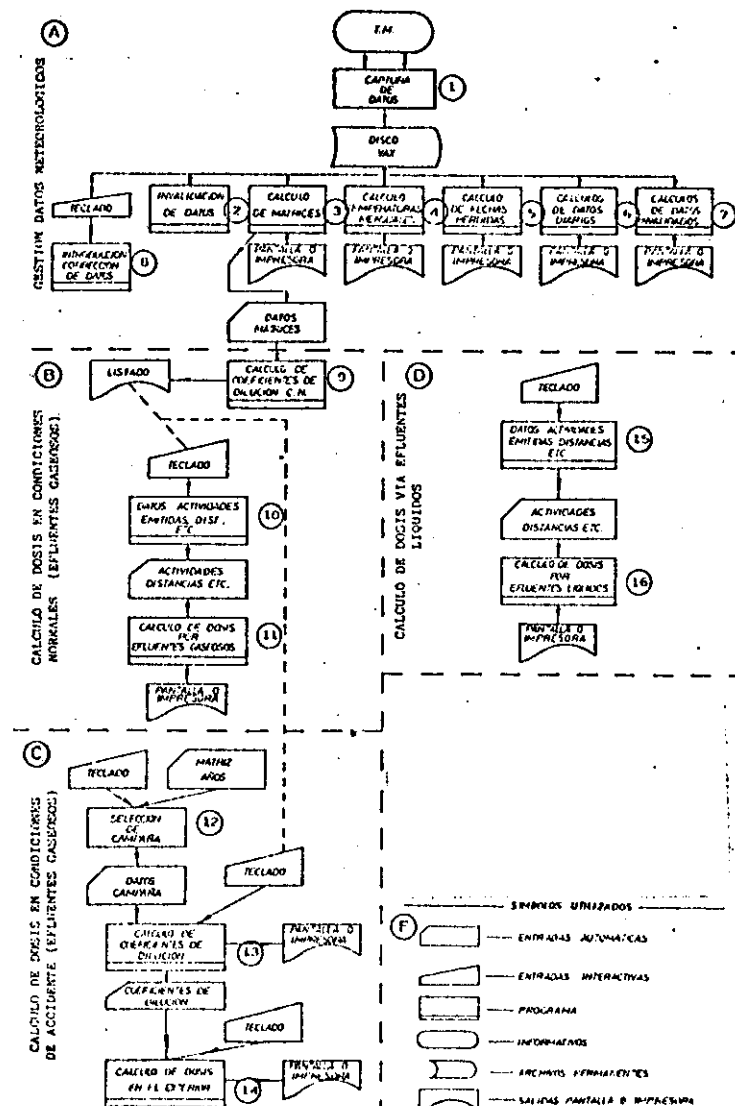
b) Cálculo de dosis al exterior del emplazamiento por emisión de efluentes radiactivos gaseosos, tanto para condiciones normales como de accidente (en este caso el programa es aplicable en tiempo real).

c) Cálculo de dosis por emisión de efluentes radiactivos líquidos.

Las ventajas principales de este paquete de programas son las siguientes:

- El paquete es aplicable en un ordenador de uso general. Para los datos capturados dispone de un pequeño ordenador al pie de la torre que puede almacenar los datos unas 40 horas transmitiendolos al ordenador de uso general cuando este se lo solicita. De esta forma se ha evitado la necesidad de disponer un equipo específico para el tratamiento de los datos meteorológicos.

- Está estructurado de tal forma que a partir de un menú inicial se puede ir accediendo a las opciones deseadas sin que prácticamente sea necesario el empleo de un manual. No es necesario una cualificación elevada para manejar el programa.
- El paquete posee varias rutinas automáticas que evitan la dedicación de personas y la pérdida de datos, p.e. la captura de datos la realiza el ordenador de forma automática a varias horas de tal forma que si por cualquier motivo se han perdido datos (problema de transmisión de la línea que va a la estación meteorológica) el programa puede recuperarlos realizando la captura horas más tarde. El tratamiento de datos que exige más tiempo de ordenador se realiza por el propio ordenador a horas nocturnas, cuando la ocupación es menor.
- El programa es aplicable a la revisión de los documentos básicos de explotación (Estudio de Seguridad, Plan de Emergencia, ect.) con un ahorro considerable de horas-ingeniero sobre otros programas de funciones similares.



## DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS

El paquete de programas METYDOS lo constituyen 17 programas que se muestran en la figura 1 donde cada programa se identifica por su número rodeado por una pequeña circunferencia. A continuación se hace una descripción breve de cada uno de los programas.

### **A. PROGRAMAS DE GESTION DE DATOS METEOROLOGICOS.**

Comprende los programas que estan incluidos dentro del recuadro "A" de la figura 1.

(1) **TMCAPTU**: Un pequeño ordenador existente en la estación meteorológica (Enviro/Logger) almacena cada quince minutos (tiene la opción de variar este período) los datos proporcionados por los sensores. El programa TMCAPTU transfiere estos datos al Sistema Informático Central uso general existente en la Sala de Ordenadores (Nave de Fabricación) con la periodicidad que previamente se le haya programado (típicamente 24 horas) o bien de forma instantánea.

(2) **TMINVA**: Este programa somete cada uno de los datos meteorológicos almacenados a criterios de validación, obtenidos del EPA 600/4-82-060. Los datos "sospechosos" (que no satisfacen algún criterio de validación), se muestran con una letra junto al mismo que permite saber que criterio de validación no cumplen. Esto sirve al encargado de la estación meteorológica para identificar comportamientos anormales de los sensores y de los equipos asociados y eventualmente proceder a su reparación o sustitución inmediata.

(3) **TMMATR**: Este programa tiene por fin elaborar las matrices de frecuencia viento estabilidad, con los datos obtenidos durante un período de tiempo (generalmente se debe hacer con caracter mensual, trimestral y anual). La confección de las matrices se hace en base a los criterios de estabilidad de Pasquill.

(4) **TMEMM**: Elabora los datos meteorológicos mensuales. Estos datos se incorporan a los informes mensuales y anuales de explotación, a informes al Instituto Meteorológico Zonal de Valladolid, y a la Base Aérea de Maticán.

(5) **TMPEND**: Proporciona la relación de datos perdidos en el período considerado. Esta pérdida de datos puede deberse a fallos en los sensores, Enviro/-Logger o, principalmente, a problemas en la captura de los datos. En este último caso pueden recuperarse los datos realizando una nueva toma de datos o tecleándolos directamente a partir del listado que cada 15 minutos se imprime en la estación meteorológica.



(6) **TMLISTM:** Trata los datos de los sensores meteorológicos y proporciona automáticamente a las horas programadas, o cuando se solicite, un listado de los datos meteorológicos del día anterior.

(7) **TMVARE:** Proporciona una salida impresa de los datos invalidados en el período que se le solicite.

Los programas anteriores, salvo que se indique de otra forma, se ejecutan de forma automática, sin intervención de ninguna persona.

(8) **TMINDA:** Mediante este programa es posible introducir o corregir datos perdidos o erróneos.

#### **B. CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA, EN CONDICIONES NORMALES, POR LA EMISION DE EFLUENTES GASEOSOS**

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro "B" de la figura 1.

(9) **XOQDOQ-82:** Este programa nos ha sido suministrado por NEA DATA BANK y ha sido integrado en el paquete. Su cometido es calcular los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) a las distancias y en los sectores que se deseen.

(10) **TMDAGA:** Este programa calcula las actividades para cada uno de los isotopos que se pueden emitir, a saber  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa-m}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{236}\text{U}$ . Como datos de entrada utiliza la actividad total emitida y las cantidades producidas de cada enriquecimiento en el periodo considerado. En el cálculo emplea un fichero que contiene las composiciones isotópicas medidas en el laboratorio químico para cada uno de los enriquecimientos procesados en la Fábrica, y a partir de ahí estima la composición isotópica de actividad emitida.

(11) **TMDGCNFA:** Calcula las dosis anuales debidas a la emisión de efluentes radiactivos gaseosos, según el método descrito en la RG. 3.51.

#### **C. CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA POR EMISION ACCIDENTAL DE EFLUENTES RADIATIVOS GASEOSOS.**

Los programas que se describen en este apartado tienen por objeto final evaluar la dosis que se produciría fuera de la Zona Bajo Control del Explo-tador en los puntos que se desee por emisión accidental de efluentes radiac-tivos gaseosos.

A continuación describimos cada uno de los programas que forman este grupo, correspondiente al recuadro "C" de la figura 1.

(12) **TMTOTAL**: Este programa almacena los datos de las matrices de frecuencia viento-estabilidad de cada campaña. Una vez que el usuario elige la campaña o campañas que se desee utilizar los datos se transfieren al programa (13) **TMXQCAC**.

(13) **TMXQCAC**: Este programa calcula los coeficientes de dilución según los criterios de la Regulatory Guide 1.145. eligiendo aquel valor cuya probabilidad de excedencia sea menor, en el sector considerado, al 0,5%.

(14) **TMDOGACAFA**: Calcula las dosis integradas producidas por la emisión accidental de aerosoles radiactivos al exterior de la nave de fabricación a partir de la actividad emitida para los distintos isótopos ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}$ ), los factores X/Q para cada sector calculados por **TMXQCAC**, el tiempo que dura la emisión, el tiempo exposición y la distribución porcentual del AMAD del polvo.

Además puede hacerse una estimación de la dosis en situación de accidente en tiempo real mediante una rutina que desencadena la secuencia de programas siguiente:

**TMCAPTU - TMPEND - TMXQCAC - TMENDOLI - TMDGCNFA**

Dentro de la secuencia, cada programa se ejecuta del modo descrito en el apartado correspondiente, con la única diferencia de que en el programa **TMXQCAC**, en lugar de utilizarse el criterio de seleccionar para cada sector un X/Q cuya probabilidad de excedencia sea del 0.5%, simplemente se calcula el X/Q promedio del período considerado.

#### **D. CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA POR EMISION DE EFLUENTES RADIATIVOS LIQUIDOS.**

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro "D" de la figura 1.

(15) **TMENDOLI**: Este programa calcula a partir de las actividades totales vertidas la proporción emitida de cada uno de los siguientes radionucleidos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234\text{-m}}\text{Pa}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ .

(16) **TMDLCNFA**: Este programa calcula las dosis anuales por emisión en efluentes radiactivos líquidos, de acuerdo con la RG. 1109 rev. 1.

**METYDOS: UN PAQUETE DE PROGRAMAS PARA LA VALORACION DEL IMPACTO RADIOLOGICO AMBIENTAL EN CONDICIONES NORMALES Y DE ACCIDENTE DE LA FABRICA DE COMBUSTIBLES DE OXIDO DE URANIO DE JUZBADO.**

**AUTORES:**

Felix Recio  
Guillermo Sánchez  
Javier Delgado  
Wifredo García  
José A. García  
Miguel Calabozo

**ENUSA (FABRICA DE JUZBADO-SALAMANCA)**

**INTRODUCCION**

Enusa en su Fábrica de Juzbado ha desarrollado un paquete de programas denominado METYDOS, adaptado a las particularidades de esta instalación, que realiza las siguientes funciones:

- a) Gestión de los datos procedentes de la estación meteorológica.
  - Captura, tratamiento, validación y almacenamiento de los datos meteorológicos.
  - Obtención de matrices de frecuencia viento-estabilidad.
  - Cálculo de coeficientes de dilución en condiciones normales y de accidente.
- b) Cálculo de dosis al exterior del emplazamiento por emisión de efluentes radiactivos gaseosos, tanto para condiciones normales como de accidente (en este caso el programa es aplicable en tiempo real).
- c) Cálculo de dosis por emisión de efluentes radiactivos líquidos.

Las ventajas principales de este paquete de programas son las siguientes:

- El paquete es aplicable en un ordenador de uso general. Para los datos capturados dispone de un pequeño ordenador al pie de la torre que puede

almacenar los datos unas 40 horas transmitiendolos al ordenador de uso general cuando este se lo solicita. De esta forma se ha evitado la necesidad de disponer un equipo específico para el tratamiento de los datos meteorológicos.

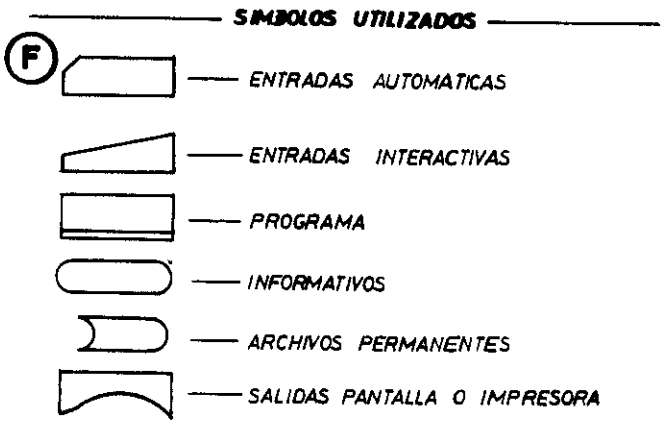
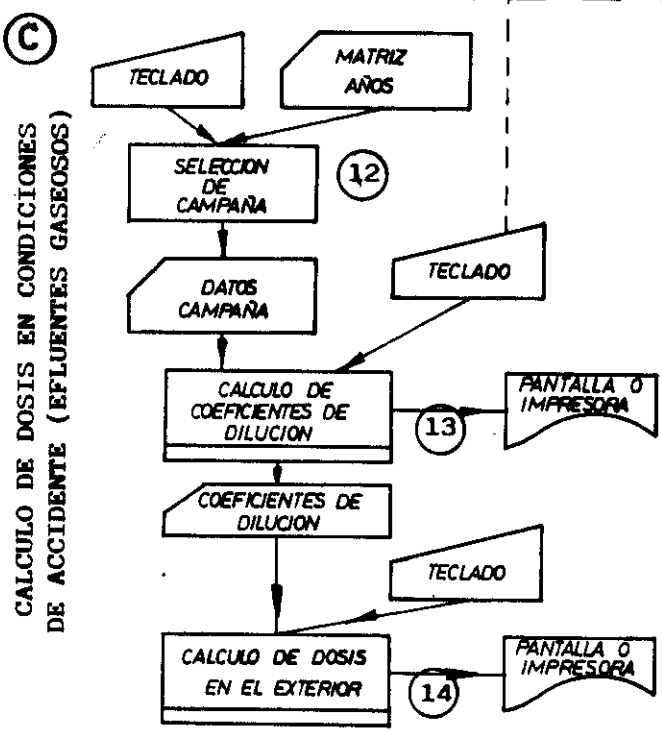
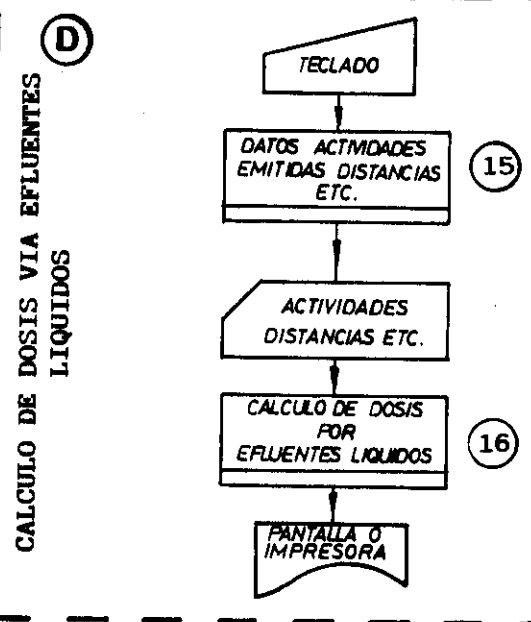
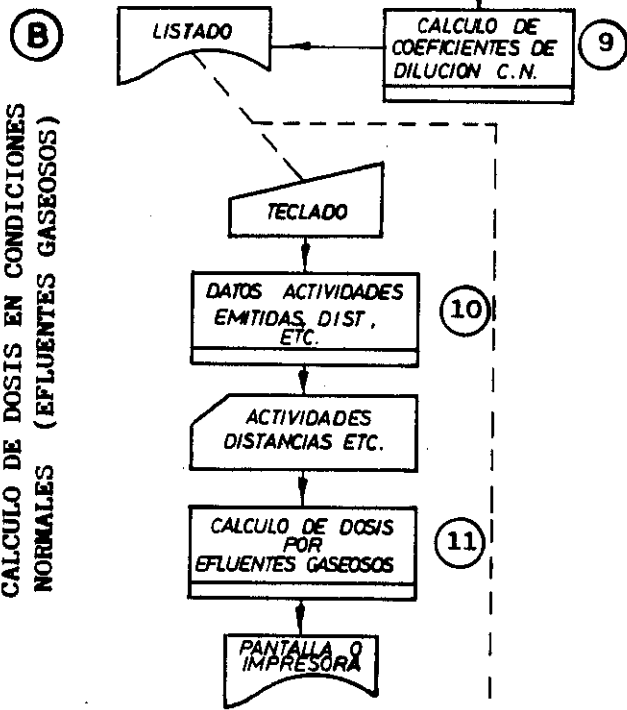
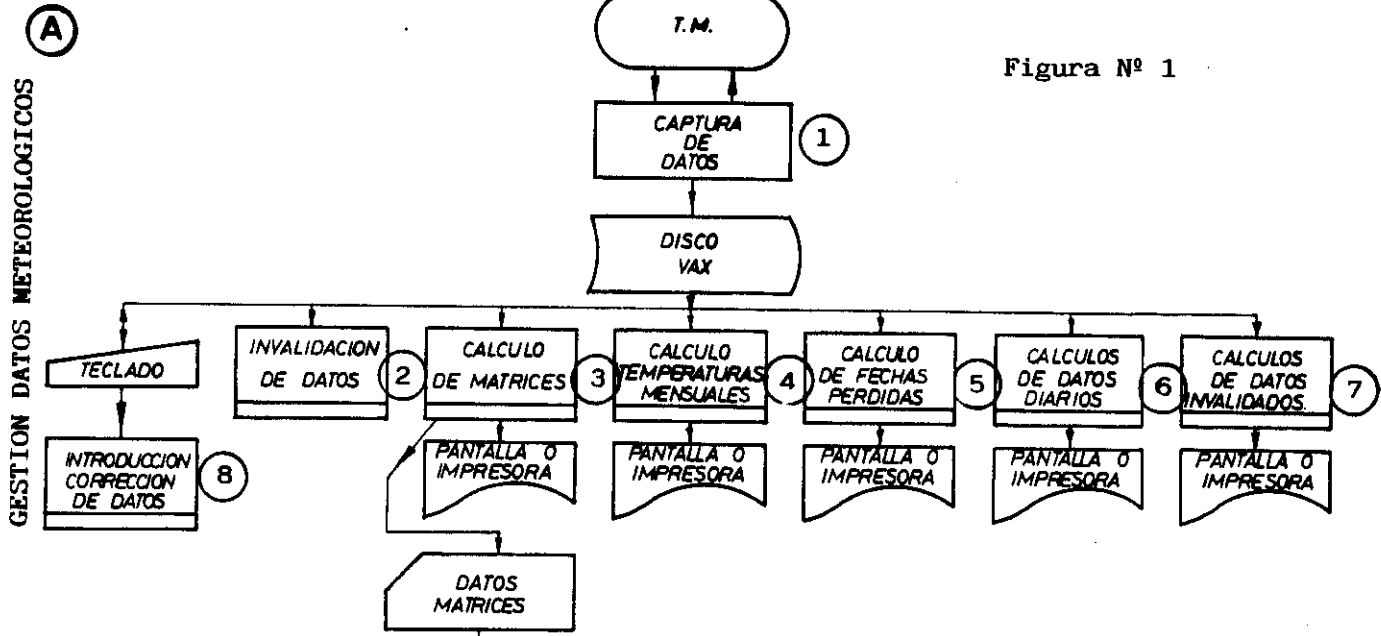
- Está estructurado en forma de menu de tal forma que a partir de un menú inicial se puede ir accediendo a las opciones deseadas sin que prácticamente sea necesario el empleo de un manual. No es necesario conocimiento profundo del programa para su utilización.
- El paquete posee varias rutinas automáticas que evitan la dedicación de personas y la pérdida de datos, p.e. la captura de datos la realiza el ordenador de forma automática a varias horas de tal forma que si por cualquier motivo se han perdido datos (problema de transmisión de la línea que va a la estación meteorológica) el programa puede recuperarlos realizando la captura horas más tarde. El tratamiento de datos que exige más tiempo de ordenador se realiza por el propio ordenador a horas nocturnas, cuando la ocupación es menor.
- El programa es aplicable a la revisión de los documentos básicos de explotación (Estudio de Seguridad, Plan de Emergencia, etc.) con un ahorro considerable de horas-ingeniero sobre otros programas de funciones similares.

#### **DESCRIPCION DE LOS PROGRAMAS**

El paquete de programas METYDOS lo constituyen 17 programas que se muestran en la figura 1 donde cada programa se identifica por un número rodeado por una pequeña circunferencia (en el texto lo identificamos con el número entre parentesis). Con estos programas hemos formado cinco grupos; cada grupo contiene los programas relativos a una misma aplicación. Los programas que contiene cada grupo se representan en la figura 1 por un recuadro con línea de trazos. Cada recuadro contiene una letra mayúscula (A, B, C, D o E) que lo identifica.

A continuación se hace una descripción breve de cada uno de los grupos y sus correspondientes programas. A efectos de facilitar la labor usaremos como base el diagrama de flujo que se muestra en la figura 1.

Figura Nº 1



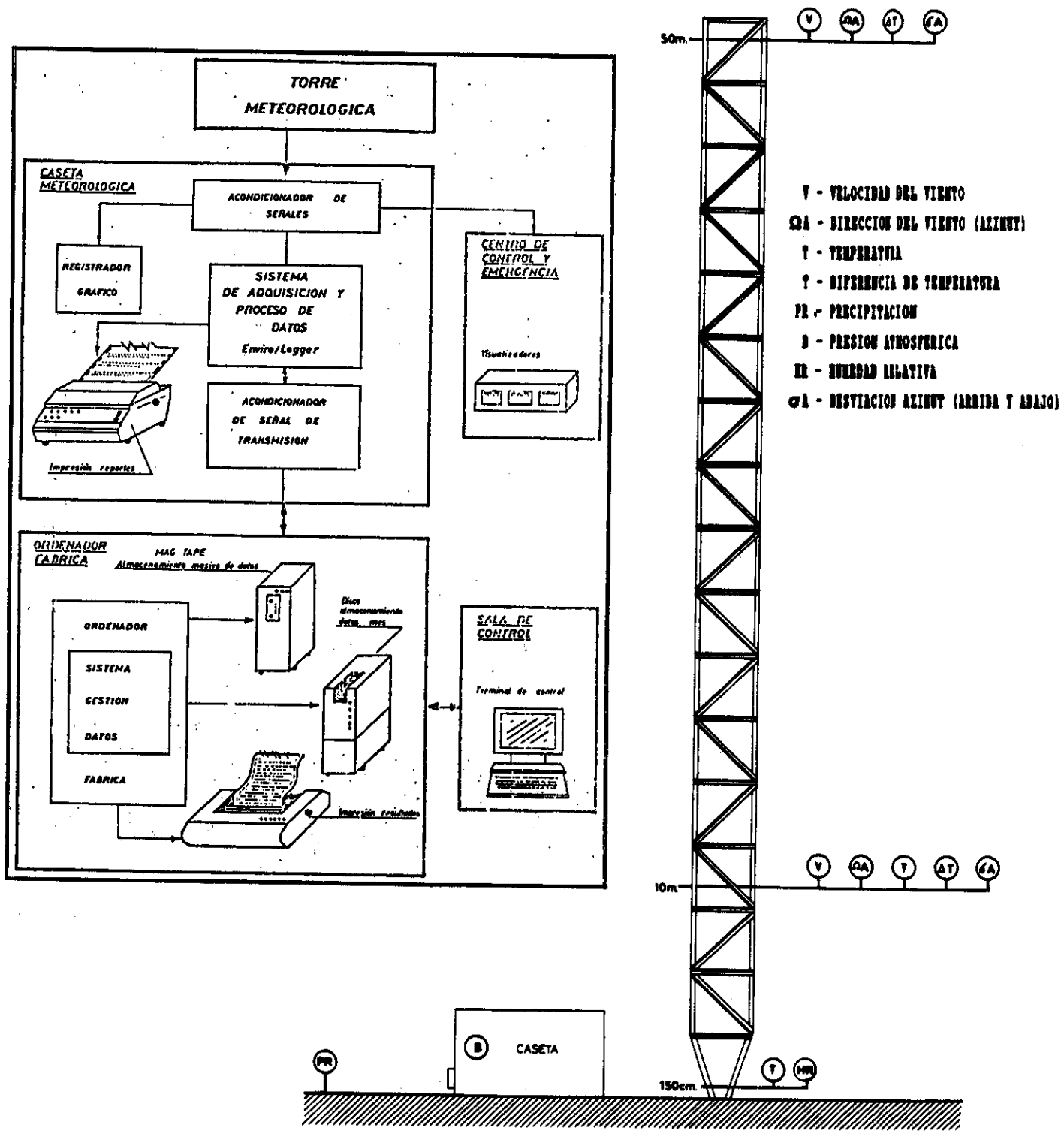


FIGURA 2

## 1. PROGRAMAS DE GESTION DE DATOS METEOROLOGICOS.

El esquema básico de los equipos meteorológicos y tratamiento de datos se muestran en la figura 2.

Comprende los programas meteorológicos que están incluidos dentro del recuadro "A" de la figura 1. Estos programas son los siguientes:

### (1) TMCAPTU

El ordenador de la estación meteorológica (Enviro/Logger) almacena cada quince minutos (tiene la opción de variar este período) los siguientes datos:

- Velocidad y direcciones medias del viento a 10 y 50 m. y desviación típica asociada.
- Temperatura a 10m y 1,5m.
- Diferencia de temperatura entre 10 y 50 m.
- Presión atmosférica
- Humedad relativa

Los datos anteriores los obtiene procesando los datos que cada sensor meteorológico suministra cada 10 segundos.

El programa TMCAPTU transfiere los datos almacenados en el Enviro/Logger al disco duro de un Microvax de uso general existente en la Sala de Ordenadores (Nave de Fabricación) con la periodicidad que previamente se le haya programado (típicamente 24 horas) o bien de forma instantánea.

### (2) TMINVA

Este programa somete cada uno de los datos meteorológicos transferidos al disco duro del Microvax a los criterios de validación que se muestran en la Tabla 1.A. obtenidos del EPA 600/4-82-060. Los datos "sospechosos" (que no satisfacen algún criterio de validación), se muestran con una letra junto al mismo que permite saber que criterio de validación no cumplen. Esto sirve al encargado de la estación meteorológica para identificar comportamientos anormales de los sensores y de los equipos asociados y eventualmente proceder a su reparación o sustitución inmediata.

**TABLA 1.A.**

**CRITERIOS DE VALIDACION UTILIZADOS**

**1. Por la velocidad del viento**

- a) El promedio por hora es mayor de 20 m/s
- b) No se han producido cambios en la velocidad del viento durante 12 o más horas consecutivas (la velocidad se mantiene entre +/- 0,5 m/s).
- c) De cinco valores consecutivos, los cuatro últimos varían en menos de 0,1 m/s del primero (anemómetro helado o con los cojinetes agarrotados).

**2. Por la dirección del viento**

- a) Durante 18 o más horas, la dirección del viento permanece en un mismo sector de 10°.
- b) El primero de cinco valores consecutivos de dirección en un mismo sensor está dentro de un mismo sector de +/- 2° de cada uno de los restantes valores (veleta helada o cojinetes agarrotados).

**3. Por la temperatura**

- a) La temperatura es mayor de 45°C o menor de - 35°C.
- b) En un intervalo de tiempo de una hora la temperatura no puede variar en +/- 5°C. (fallo en la aspiración de aire)
- c) La temperatura permanece constante 12 o más horas, dentro de +/- 0,5°C.

**4. Gradiente vertical de temperatura y categorías de estabilidad**

- a) El gradiente vertical (GVT) es menor que -0.4°C en las medias horarias comprendidas en el intervalo horario de las 19 a las 5 horas GMT.

**5. Precipitación**

- a) la precipitación es mayor de 150 mm. en 24 horas.



### (3) TMMATR

Este programa tiene por fin elaborar las matrices de frecuencia viento estabilidad, con los datos obtenidos durante un período de tiempo (generalmente se debe hacer con carácter mensual, trimestral y anual). Se componen de siete matrices que corresponden a las siete categorías de estabilidad atmosférica contempladas en la clasificación de Pasquill. Las direcciones de procedencia del viento se han distribuido según la rosa de 16 sectores de  $22,5^\circ$  y las velocidades se han clasificado en 12 intervalos.

La confección de las matrices se hace en base a los criterios de estabilidad determinados por Pasquill. Se distinguen 7 categorías de estabilidad. Para la determinación de la categoría de estabilidad, de acuerdo con lo recomendado por la NRC, se utilizan los siguientes criterios:

a) Cuando la velocidad del viento es menor de 1.5 m/s, para la determinación de la categoría de estabilidad se utiliza el valor del gradiente de temperaturas entre 50 y 10 metros, de acuerdo con la tabla 1.B.

b) Cuando la velocidad del viento es mayor o igual a 1.5 m/s, la determinación de la categoría de estabilidad se realiza por criterio de la desviación típica de la dirección horizontal del viento a 10 m de acuerdo con la tabla 1.C. Si el dato de la velocidad a 10 metros, está invalidado o no se dispone de él, se utilizará el de la velocidad a 50 metros, también de la tabla 1.C.

TABLA 1.B.

<u>GRADIENTE DE TEMPERATURA</u>	<u>CATEGORIA DE ESTABILIDAD</u>
$T < -0,76$	A - Extremadamente inestable
$-0,76 < T < -0,69$	B - Inestable
$-0,69 < T < -0,59$	C - Moderadamente inestable
$-0,59 < T < -0,19$	D - Neutro
$-0,19 < T < +0,61$	E - Moderadamente estable
$+0,61 < T < +1,61$	F - Estable
$+1,61 < T$	G - Extremadamente estable

TABLA 1.C.

DESVIACION TIPICA DE LA DIRECCION HORIZONTAL DEL VIENTO

<u>A 10 m</u>	<u>A 50 m</u>	<u>CATEGORIA DE ESTABILIDAD</u>
$\sigma > 22,49$	$\sigma > 20,00$	A
22,49 > $\sigma$ > 17,49	20,00 > $\sigma$ > 13,75	B
17,49 > $\sigma$ > 12,49	13,75 > $\sigma$ > 9,50	C
12,49 > $\sigma$ > 7,47	9,50 > $\sigma$ > 5,00	D
7,47 > $\sigma$ > 3,79	5,00 > $\sigma$ > 2,00	E
3,79 > $\sigma$ > 2,09	2,00 > $\sigma$ > 0,75	F
2,09 > $\sigma$	0,75 > $\sigma$	G

Asimismo, la determinación de los rumbos para cada una de las direcciones se hace dividiendo el conjunto de direcciones posibles en 16 sectores de 22,5° cada uno.

TABLA 1.D

<u>DIRECCION DEL VIENTO</u>	<u>RUMBO</u>
348,76 - 11,26	N
11,26 - 33,76	NNE
33,76 - 56,26	NE
56,26 - 78,76	ENE
78,76 - 101,26	E
101,26 - 123,76	ESE
123,76 - 146,26	SE
146,26 - 168,76	SSE
168,76 - 191,26	S
191,26 - 213,76	SSW
213,76 - 236,26	SW
236,26 - 258,76	WSW
258,76 - 281,26	W
281,26 - 303,76	WNW
303,76 - 326,26	NW
326,26 - 348,76	NNW

La elaboración de matrices se hace con periodicidad mensual, trimestral y anual. Y sirven, como se vera más adelante, como uno de los datos básicos para evaluar el impacto radiológico ambiental en condiciones normales y de accidente. Para facilitar esta labor las matrices se almacenan en un fichero que sirve directamente de datos de entrada a otros programas.

#### (4) THEM

Este programa calcula mensualmente, para el mes considerado, los siguientes datos (referidos a los sensores situados a 10 m)

- Temperatura máxima diaria
- Temperatura mínima diaria
- Temperatura media diaria
- Oscilación máxima diaria
- Temperatura a las 8 horas GMT
- Lluvia diaria
- Dirección media de procedencia del viento (Sector)
- Temperatura máxima del mes
- Temperatura mínima del mes
- Oscilación máxima de temperatura
- Media mensual de las temperaturas máximas diarias
- Media mensual de las temperaturas mínimas diarias
- Media mensual de las temperaturas medias diarias
- Media mensual de las temperaturas a las 8h GMT
- Número de datos perdidos e invalidados

Estos datos se incorporan a los informes mensuales y anuales de explotación, a informes al Instituto Meteorológico Zonal de Valladolid, y a la Base Aérea de Matacán.

#### (5) TMPEND

Este programa proporciona la relación de datos perdidos en el periodo considerado. Esta pérdida de datos puede deberse a fallos en los sensores, enviro/logger o, principalmente, a problemas en la captura de los datos. En este último caso pueden recuperarse los datos realizando una nueva toma de datos o tecleándolos directamente a partir del listado que cada 15 minutos se imprime en la estación meteorológica.

#### (6) TMLISTM

Este programa proporciona automáticamente a las horas programadas, o cuando se solicite, un listado del día anterior con los siguientes datos, referidos a periodos de 15 minutos:

Hora, dirección y sector de procedencia del viento a 10 m. y a 50 m., categoría de estabilidad, temperatura a 1,5, 10 y 50 m., pluviometría, sigma azimutal de la dirección del viento a 50 y a 10 metros y presión.

Además proporciona:

- Temperatura máxima, media y mínima diaria.
- Diferencia de temperatura máxima y mínima diaria.
- Temperatura media diaria al punto de rocío.
- Humedad relativa media diaria.
- Lluvia total del día.

El programa tiene la posibilidad de proporcionar el listado anterior para los días que se deseen.

#### (7) TMVARE

Este programa proporciona una salida impresa de los datos invalidados en el período que se le solicite.

Los programas anteriores salvo que se indique de otra forma se ejecutan de forma automática, sin intervención de ninguna persona, según el diagrama que se muestra en la figura 3. Como se puede observar, a través de impresora el ordenador proporciona diariamente los siguientes listados, referidos al día anterior.

- Datos invalidados (TMVARE)
- Datos diarios (TMLISTM)
- Datos perdidos (TMPEND)







Los programas anteriores los pasa a las 8 horas y a la 1:30 GMT. Esta repetición se realiza como redundancia para subsanar posibles fallos a la primera captura de datos.

Además de lo anterior, también de forma automática, mensualmente se ejecutan e imprimen los siguientes programas.

- Datos informes mensuales (TMEMM)
- Matrices mensuales (TMMATR)

**SECUENCIA DE OPERACIONES AUTOMATICAS**

**SIMBOLOS UTILIZADOS**

-  ENTRADAS AUTOMATICAS
-  ENTRADAS INTERACTIVAS
-  PROGRAMA
-  INFORMATIVOS
-  ARCHIVOS PERMANENTES
-  SALIDAS PANTALLA O IMPRESORA

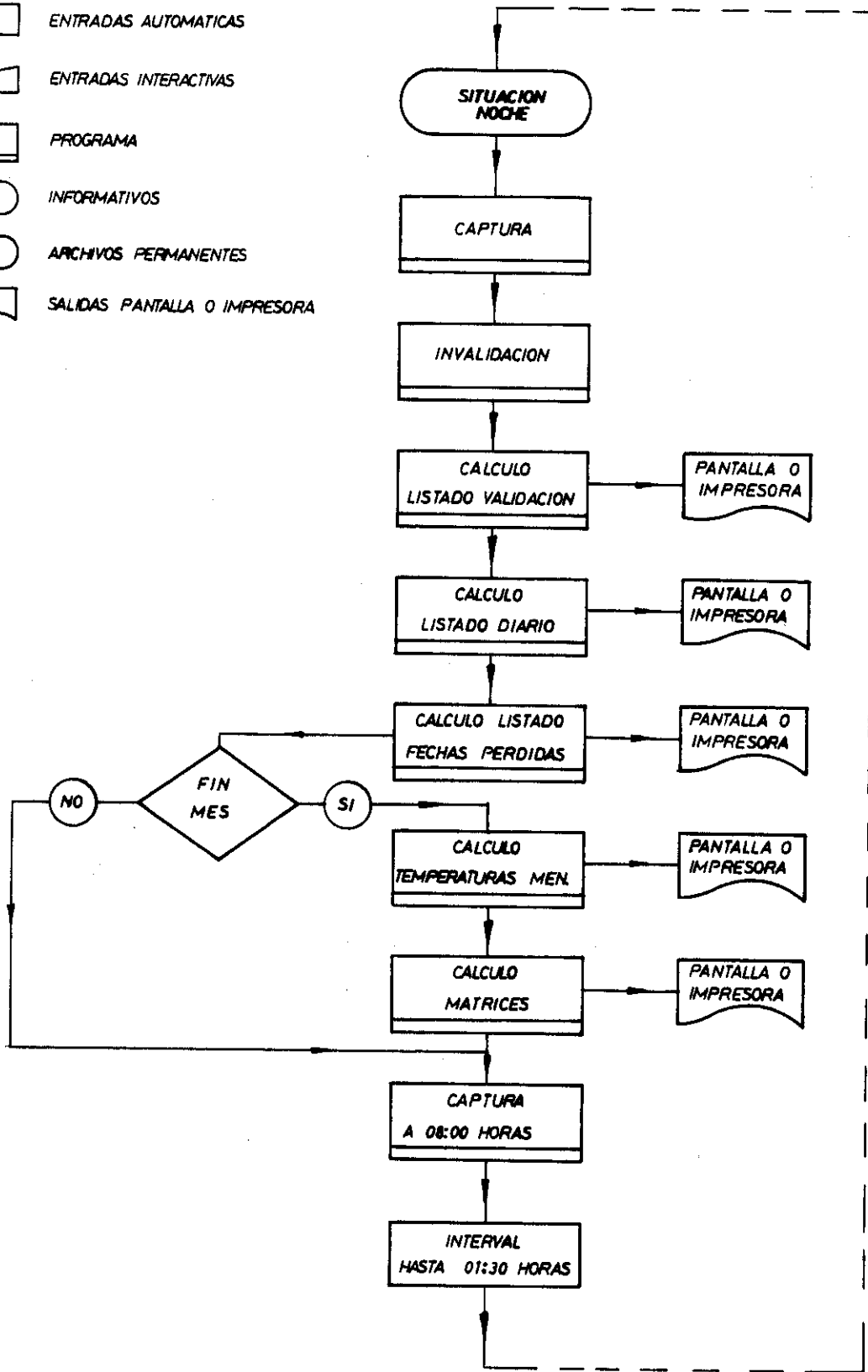


Figura N° 3

## 2. CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA, EN CONDICIONES NORMALES, POR LA EMISION DE EFLUENTES RADIATIVOS GASEOSOS.

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro "B" de la figura 1.

La descripción de cada uno de los programas que la forman es la siguiente.

### (9) XOQDOQ - 82

Este programa nos ha sido suministrado por NEA DATA BANK. Su cometido es calcular los coeficientes de dilución (X/Q) y deposición (D/Q) a las distancias y en los sectores que se deseen. Como datos de entrada utiliza.

- Matrices de frecuencia viento-estabilidad, que se obtienen directamente de un fichero proporcionado por el programa (3) TMMATR lo que evita tener que introducir las manualmente.
- Características de los puntos de emisión (extractores), de los edificios adyacentes, y del entorno.
- Puntos en los que se desea calcular los X/Q y D/Q.

El método de cálculo que sigue se describe en la Regulatory Guide 1111 Rev. 1.

Las características precisas del programa (datos de entrada y salida, opciones de cálculo etc) se encuentran en el NUREG/CR-2919.

### (10) TMDAGA

Este programa calcula las actividades para cada uno de los isótopos que se emiten, a saber  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{Pa-m}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{236}\text{U}$ .

Como datos de entrada utiliza la actividad total emitida de cada isótopo.

Como hipótesis de cálculo considera: a) El  $^{238}\text{U}$  está en equilibrio secular con sus descendientes  $^{234}\text{Th}$  y  $^{234}\text{Pa}$  b) Las cantidades emitidas de los isótopos del uranio guardan la misma proporción que las cantidades procesadas de cada isótopo en el periodo considerado.

En el cálculo emplea un fichero que contiene las composiciones isotópicas medidas en el laboratorio químico para cada uno de los enriquecimientos procesados en la Fábrica lo que permite establecer las composiciones isotópicas de la actividad total emitida ponderando los enriquecimientos procesados durante el periodo considerado.

(11) TMDGCNFA

Este programa tiene por fin calcular las dosis anuales (puede calcular para otros periodos pero no es aconsejable pues en el cálculo emplea datos de consumo de alimentos para una campaña completa y, como se sabe, frecuentemente el consumo de alimentos es estacional) debida a la emisión de efluentes radiactivos gaseosos.

Como dato de entrada utiliza los siguientes:

- Coeficientes de dilucción para el año considerado en los puntos en los que se desea calcular la dosis. Estos datos como hemos visto se obtienen de la salida del (9) (XOQDOQ).
- Actividades emitidas de cada uno de los siguientes isotopos:  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{238}\text{U}$ . Si no se conoce estos datos se utiliza los proporcionados por el programa (10) TMDAGA.

El programa calcula las dosis según el método descrito en la RG. 3.51., que realmente el programa que se simplifica en gran medida, pues no es necesario considerar el decaimiento radiactivo dado la larga vida de los isótopos de partida y de considerar que estos están en equilibrio secular.

- Se han considerado las vías de exposición siguientes:

- a) Dosis a todo el cuerpo y a la piel por la actividad en el aire.
- b) Dosis a todo el cuerpo y a la piel por la actividad depositada en el suelo.
- c) Dosis por inhalación.
- d) Dosis por ingestión de alimentos.

Para las vías c) y d) se han considerado cuatro grupos de población (bebés, niños, jóvenes y adultos) y la actividad se ha desglosado para los diferentes órganos. En las vías a) y b) no es necesario considerar cada órgano separadamente, pues al ser la exposición homogénea puede asignarse a todos los órganos una tasa de dosis igual a la correspondiente a todo el cuerpo.

- Se supone un tiempo de permanencia diaria de 10 horas a la intemperie y 14 horas en el interior de una vivienda.
- Las tasas de consumo de alimentos utilizados se muestran en la tabla 2.1 y los factores de conversión a dosis aparecen en las tablas 2.2. a 2.5.

TABLA 2.1.

TASAS DE CONSUMO DE ALIMENTOS (\*)

	<u>Bebes</u>	<u>Niños</u>	<u>Jóvenes</u>	<u>Adultos</u>
Vegetales de superficie, (Kg/año) .	0	93	159	219
Patatas, otras raices y tubérculos, (Kg/año) .....	0	61	94	134
Carne (Kg/año) .....	0	16	26	44
Leche (l/año) .....	146	146	174	92
Agua (l/año) ** .....	330	510	510	730
Pescado (Kg/año) ** .....	0	6	16	21

(\*) Se ha obtenido del estudio dietético incluido en el capítulo 2 de este Estudio de Seguridad de la Fábrica de Juzbado.

(\*\*) Sólo se utiliza para el cálculo de dosis vía efluentes radiactivos líquidos.

TABLA 2.2

FACTORES DE CONVERSION A DOSIS POR INHALACION  
(mSv/Año) (m<sup>3</sup>/Bq)

<u>Radionucleido</u>	<u>Todo el</u> <u>Cuerpo</u>	<u>Huesos</u>	<u>Riñón</u>	<u>Hígado</u>	<u>Pulmón</u>
<sup>234</sup> U	4.432E-01	7.135E-02	1.703E+00	0	6.541E-04
<sup>235</sup> U	4.432E-01	7.135E-02	1.703E+00	0	6.541E-04
<sup>236</sup> U	4.432E-01	7.135E-02	1.703E+00	0	6.541E-04
<sup>238</sup> U	3.892E-01	6.541E-02	1.495E+00	0	5.757E-04



TABLA 2.3.

**FACTORES DE CONVERSION A DOSIS POR EXPOSICION**  
**A LA ACTIVIDAD DEPOSITADA EN EL SUELO**  
 (mSv/año) (m<sup>2</sup>/Bq)

<u>Radionucleido</u>	<u>Piel</u>	<u>Todo el cuerpo</u>
<sup>234</sup> U	7.03E-07	1.29E-07
<sup>235</sup> U	7.03E-07	1.29E-07
<sup>236</sup> U	7.03E-07	1.29E-07
<sup>238</sup> U	5.76E-07	8.57E-08
<sup>234</sup> Th	5.68E-07	4.49E-07
<sup>234</sup> Pam	4.32E-07	3.35E-07

\* Todas las tablas para efluentes gaseosos se han obtenido de la RG 3.51 excepto la de inhalación que se obtiene de la RG 1.109.

TABLA 2.4.

**FACTORES DE CONVERSION A DOSIS POR EXPOSICION**  
**A LA ACTIVIDAD EN EL AIRE**  
 (mSv/año) (m<sup>3</sup>/Bq)

<u>Radionucleido</u>	<u>Piel</u>	<u>Todo el cuerpo</u>
<sup>234</sup> U	3.68E-06	6.73E-07
<sup>235</sup> U	3.68E-06	6.73E-07
<sup>236</sup> U	3.68E-06	6.73E-07
<sup>238</sup> U	2.84E-06	4.24E-07
<sup>234</sup> Th	1.79E-05	1.42E-05
<sup>234</sup> Pam	2.32E-05	1.79E-05

TABLA 2.5.  
FACTORES DE CONVERSION A DOSIS POR INGESTION  
(mSv/Bq)

	<u>234U</u>	<u>235U</u>	<u>238U</u>	<u>239U</u>	<u>234Th</u>
<u>Bebés</u>					
Todo el cuerpo .	1.03E-04	1.03E-04	1.03E-04	9.00E-05	5.41E-09
Huesos .....	1.32E-03	1.32E-03	1.32E-01	1.21E-03	1.87E-07
Hígado .....	0	0	0	0	1.02E-08
Riñón .....	2.86E-04	2.86E-04	2.86E-04	2.51E-04	3.76E-08
<u>Niños</u>					
Todo el cuerpo .	5.97E-05	5.97E-05	5.97E-05	5.24E-05	2.67E-09
Huesos .....	9.65E-04	9.65E-04	9.65E-04	8.84E-04	9.24E-08
Hígado .....	0	0	0	0	4.08E-09
Riñón .....	1.62E-04	1.62E-04	1.62E-04	1.42E-04	2.17E-08
<u>Jóvenes</u>					
Todo el cuerpo .	2.00E-05	2.00E-05	2.00E-05	1.75E-05	8.95E-10
Huesos .....	3.22E-04	3.22E-04	3.22E-04	2.95E-04	3.08E-08
Hígado .....	0	0	0	0	1.81E-09
Riñón .....	7.70E-05	7.70E-05	7.70E-05	6.76E-05	1.03E-08
<u>Adultos</u>					
Todo el cuerpo .	1.40E-05	1.40E-05	1.40E-05	1.23E-05	5.76E-10
Huesos .....	2.26E-04	2.26E-04	2.26E-04	2.07E-04	2.16E-08
Hígado .....	0	0	0	0	1.27E-09
Riñón .....	5.38E-05	5.38E-05	5.38E-05	4.73E-05	7.22E-09

El programa cálculo de dosis para cada grupo de población y vía de exposición a partir de aquí calcula las dosis totales por efluentes gaseosos para las diferentes órganos y grupos de población considerados.

### 3 CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA POR EMISION ACCIDENTAL DE EFLUENTES RADIATIVOS GASEOSOS.

Los programas que se describen en este apartado tienen por objeto final evaluar la dosis que se produciría fuera de la Zona Bajo Control del Explotador en los puntos que se desee por emisión accidental de efluentes radiactivos gaseosos. Los programas permiten evaluar la dosis con dos criterios:

#### 1º Evaluar las consecuencias de un accidente, las condiciones mas desfavorables (Según R.G. 1.145 Rev.1)

Estimar el coeficiente de dilución mas desfavorable en base a los datos meteorológicos almacenados en una o varias campañas. A partir de este coeficiente de dilución, el termino fuente, tiempo de emisión y tiempo de permanencia evaluar la dosis integrada por inhalación.

Los resultados anteriores se aplican fundamentalmente para evaluar los distintos accidentes postulados para la Fábrica. A partir de las conclusiones obtenidas se actualiza el Estudio de Seguridad y el Plan de Emergencia (hasta ahora se ha aplicado principalmente a la revisión de documentos que se ha realizado para aumentar el enriquecimiento al 5% en  $^{235}\text{U}$ ; con algunas modificaciones podrán aplicarse para evaluar los accidentes con uranio reprocesado).

#### 2º Estimar las dosis en tiempo real en "Situación de Accidente"

Calcular el coeficiente de dilución en un momento determinado y a partir de él, conocido el termino fuente, tiempo de emisión y tiempo de permanencia estimar la dosis integrada por inhalación. La utilidad fundamental de esta aplicación es la valoración de la dosis en tiempo real en situación real de accidente.

#### 3.1. EVALUACION DE ACCIDENTES EN LAS CONDICIONES MAS DESFAVORABLES.

A continuación describimos cada uno de los programas que forman este grupo, correspondiente al recuadro "C" de la figura 1.

##### (12) TMTOTAL

Este programa almacena los datos de las matrices de frecuencia viento-estabilidad de cada campaña. Tiene la posibilidad de elegir los datos de una o varias campañas. Una vez que el usuario elige la campaña o campañas que se desee utilizar los datos se transfieren al programa (13) TMXQCAC que se describe a continuación.

(13) TMXQAC

Este programa calcula los coeficientes de dilución según los criterios de la Regulatory Guide 1.145, rev 1. Como datos de entrada utiliza los siguientes:

- Matrices Viento-Estabilidad de las campañas seleccionadas.
- Puntos en los que se desea calcular los coeficientes de dilución. A este efecto se consideran 16 sectores, introduciéndose manualmente la distancia a partir del centro de la Nave de Fabricación del punto en el que se desea calcular los coeficientes de dilución.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Para cada sector, velocidad del viento y categoría de estabilidad de las recogidas en las matrices viento-estabilidad de la campaña seleccionada, se calcula el factor de dilución X/Q de acuerdo con el siguiente algoritmo:

- a) Si la categoría de estabilidad es D, E, F ó G y la velocidad del viento es inferior a  $6 \text{ ms}^{-1}$ , se calculan  $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$  según las siguientes expresiones:

$$X_1 = \frac{1}{V(\pi \sigma_y \sigma_z + A/2)} \qquad X_2 = \frac{1}{3\pi V \sigma_y \sigma_z}$$
$$X_3 = \frac{1}{\pi V E_y \sigma_z}$$

en las que:

V: velocidad del viento a 10 m. ( $\text{ms}^{-1}$ )

$\sigma_y$ : extensión lateral del penacho (m); es una función de la estabilidad atmosférica y la distancia (tabla 3.1)

$\sigma_z$ : extensión vertical del penacho (m); es función de la estabilidad atmosférica y la distancia (tabla 3.2)

$E_y$ : extensión lateral del penacho teniendo en cuenta efectos meandro que sobre el penacho puedan ejercer obstáculos, tales como edificios o accidentes geográficos (m); es una función de la velocidad del viento a 10 m, distancia y categoría de estabilidad; la función es como sigue:

$$E_y = M \sigma_y \qquad \text{Distancia} \leq 800 \text{ m.}$$

$$E_y = (M-1) \sigma_y \text{ sen } \alpha + \sigma_y \qquad \text{Distancia} > 800 \text{ m.}$$

El valor de M se determina de acuerdo con la tabla 3.3

Cálculo de  $\sigma_y$ : la expresión a emplear es:

$$\sigma_y(X) = (a_1 \ln X - a_2) X$$

X es la distancia (m). Los valores de  $a_1$  y  $a_2$  son los de la tabla 3.3.1

TABLA 3.1

	A	B	C	D	E	F	G
$a_1$	-0.0234	-0.0147	-0.0117	-0.0059	-0.0059	-0.0029	-0.0019
$a_2$	0.3500	0.2480	0.1750	0.1080	0.0880	0.0540	0.0360

Cálculo de  $\sigma_z$ : la expresión a emplear es

$$\sigma_z(X) = 1/2.15 \exp(b_1 + b_2 \ln X + b_3 \ln^2 X)$$

X es la distancia (m). Los valores de  $b_1$ ,  $b_2$  y  $b_3$  son: los de la tabla 3.3.2

TABLA 3.2.

	A	B	C	D	E	F	G
$b_1$	0.8800	-0.9850	-1.1860	-1.3500	-2.8800	-3.8000	2.2800
$b_2$	0.1520	0.8200	0.8500	0.7930	1.2550	1.4190	0.8514
$b_3$	0.1475	0.0168	0.0045	0.0022	-0.0420	-0.0550	0.0330

La expresión para M en función de V es:

$$M(V) = \begin{cases} K & \text{si } 0 < V \leq 2 \text{ ms}^{-1} \\ AV^{-B} & \text{si } 2 < V < 6 \text{ ms}^{-1} \end{cases}$$

donde K, A y B valen lo indicado en la tabla 3.3.3.

TABLA 3.3

	D	E	F	G
K	2	3	4	6
A	3.097	5.98	9.462	18.26
B	0.631	1	1.25	1.62

A: La más pequeña sección vertical del edificio desde donde se realiza la emisión. En el caso de la Fábrica de Juzbado este valor es de 1440 m<sup>2</sup>.

El valor correcto de X/Q es:

$$X/Q = \min \{ \max(X_1, X_2), X_3 \}$$

b) En cualquier otra situación meteorológica se ignoran los efectos de meandro, resultando que el valor correcto de X/Q es:

$$X/Q = \max \{ X_1, X_2 \}$$

Para cada sector y para el intervalo entre 0 y 2 horas tras el accidente, conservadoramente se toma como valor de X/Q aquel del período de campaña seleccionado cuya probabilidad de excedencia es del 0.5%. Para seleccionar éste se utiliza el procedimiento siguiente: para cada uno de los 16 sectores se consideran 11 intervalos para la velocidad y 7 categorías de estabilidad, con lo que hay 77 valores de X/Q por sector, cada uno de los cuales tiene una cierta frecuencia absoluta, F(X/Q) que corresponde al n° de reportes de cuarto de hora que dan ese X/Q. Si

$$S = \sum_{i=1}^{77} F(X/Q_i)$$

se ordenan los X/Q de menor a mayor y se toma el menor X/Q<sub>i</sub> tal que

$$\sum_{j=1}^i F(X/Q_j) \geq 0.995 S$$

Por otra parte, para cada sector se calcula el X/Q promedio anual mediante los datos del período de campana considerado utilizado el XOQDOQ. El valor inicial del coeficiente de dilución, X/Q<sub>i</sub>, y el valor promedio anual en cada sector X/Q se usan para asignar coeficientes de dilución a los intervalos de 2-8h, 8-24h, 1-4días, 4-30días, mediante la siguiente interpolación:

$$X/Q([t_1, t_2]) = \frac{\overline{X/Q} - X/Q_i}{\ln t_2 + X/Q_i} \ln 8760$$

donde los tiempos se expresan en horas.

(14) TMDOGACAFA

Este programa calcula las dosis integradas producidas por la emisión accidental de aerosoles radiactivos al exterior de la nave de fabricación.

Como datos de entrada se utilizan los siguientes:

- Actividad emitida para los distintos isótopos ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}$ ).
- Factores X/Q para cada sector calculados por TMXQCAC.
- Tiempo que dura la emisión, así como los tiempos inicial y final de exposición.
- Distribución porcentual del AMAD del polvo.

Con estos datos, para cada sector, el programa calcula la dosis por inhalación al pulmón y a todo el cuerpo del individuo más expuesto situado a la distancia seleccionada y que permanezca expuesto a la nube radiactiva durante el periodo considerado. La expresión empleada es:

$$D_i = F/T_e \sum_{j,k} F_{ij} A_j X/Q_k V_k T_k$$

donde:

- $D_i$ : Dosis integrada. El subíndice  $i$  toma dos valores, uno para el pulmón y otro para todo el cuerpo.
- $A_j$ : Actividad emitida del isótopo  $j$ .  $j$  toma tres valores, correspondientes a los isótopos  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ .
- $T_e$ : Tiempo que dura la emisión.
- $F_{ij}$ : Factor de conversión a dosis por inhalación correspondiente al isótopo  $j$  para el órgano  $i$ . Los factores empleados se presentan en la tabla 3.4.
- $X/Q_k$ : Factor de dilución para el periodo  $k$  en el sector y a la distancia considerados. El subíndice  $k$  toma los valores 1, 2 y 3, correspondientes a los periodos 0-2 hr, 2-8 hr y 8-24 hr tras el accidente.
- $T_k$ : Tiempo de exposición del individuo dentro del periodo  $k$ .  $T_k$  depende de como se distribuya el tiempo total de exposición entre los tres periodos considerados, teniendo en cuenta que si el tiempo final de exposición es mayor que el tiempo de emisión, se toma como tiempo final el tiempo de emisión.
- $V_k$ : Tasa de respiración del individuo durante el periodo  $k$ . Se toma  $V_1 = 3.47 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$  y  $V_2 = V_3 = 1.75 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$
- $F$ : Factor de corrección para tener en cuenta el AMAD de las partículas emitidas. Dado que los  $F_{ij}$  están calculados para AMAD =  $1 \mu$ , es necesario corregir la dosis mediante el factor

$$F = \sum_i FC_i P_i$$

donde  $FC_i$  es el factor de corrección de los  $F_{ij}$  para las partículas de AMAD  $i$ -ésimo y  $P_i$  es la proporción de partículas de ese AMAD en el polvo emitido. De acuerdo con el ICRP30, para polvo de tipo Y se tiene

$$FC(AMAD) = D_p(AMAD) / D_p(1\mu)$$

donde  $D_p$  representa el porcentaje de deposición pulmonar de las partículas en cuestión. Los valores de  $D_p$  en función del AMAD del polvo se muestran en la tabla 3.5 en la que también se incluyen los FC resultantes.

TABLA 3.4

	<u>FACTORES DE CONVERSION A DOSIS (mSv/KBq)</u>		
	234U	238U	235U
Pulmón	298	276	266
Todo el cuerpo	35.8	33.2	32

TABLA 3.5

VALORES DEL PORCENTAJE DE DEPOSICION PULMONAR (Dp) Y  
FACTORES DE CORRECCION (FC) EN FUNCION DEL AMAD

<u>AMAD (μ )</u>	<u>Dp</u>	<u>FC</u>
0.2	0.50	2.00
0.3	0.45	1.80
0.4	0.40	1.60
0.5	0.35	1.40
0.6	0.33	1.32
0.7	0.30	1.20
0.8	0.28	1.12
0.9	0.26	1.04
1.0	0.25	1.00
1.5	0.20	0.80
2.0	0.18	0.72
3.0	0.14	0.56
4.0	0.12	0.48
5.0	0.09	0.36
6.0	0.085	0.34
7.0	0.075	0.30
8.0	0.065	0.26
9.0	0.060	0.24
10.0	0.05	0.20



### 3.2. ESTIMACION DE LA DOSIS EN TIEMPO REAL POR EMISION DE EFLUENTES RADIATIVOS GASEOSOS EN SITUACION DE ACCIDENTE.

Lo constituye una rutina que desencadena, a petición del usuario, en batería la secuencia de programas siguientes:

- TMCAPU
- TMPEND
- TMXQCAC
- TMENDOLI
- TMDGCNFA

Dentro de la secuencia, cada programa se ejecuta del modo descrito en el apartado correspondiente, con la única diferencia de que en el programa TMXQCAC, en lugar de utilizarse el criterio de seleccionar para cada sector un X/Q cuya probabilidad de excedencia sea del 0.5%, simplemente se calcula el X/Q promedio del periodo considerado.

Su aplicación fundamental es la de evaluar los coeficientes de dilución y las dosis en tiempo real, es decir en aquellas situaciones en las que se emitan accidentalmente aerosoles radiactivos al exterior de la Nave de Fabricación.

El orden de ejecución que se muestra en la fig. 4, es el siguiente:

- i) Elegida la opción de "Situación de Accidente" aparecerá en pantalla: "Desea pedir volcado de la torre (S/N)", se dará a "S"; a continuación el programa pedirá que se seleccione el periodo del accidente. Se introducirá como fecha inicial el momento en que se inicia la emisión, que coincidirá con la primera alta alarma observada en el SA-4, utilizando para la hora formato GMT, y como fecha final la correspondiente a la última medida de actividad si la emisión no ha terminado o la correspondiente al momento en que finaliza la emisión si esta ya ha concluido. Caso de no funcionar la opción de volcado automático se introducirán los datos manualmente utilizando el listado existente en la caseta de la Estación Meteorológica.
- ii) A continuación de lo anterior aparecerá en pantalla el menú del programa que determina los coeficientes de dilución a partir de los datos meteorológicos introducidos en i). Se introducirán los datos con las distancias a que se pretende calcular las dosis. Se comprobará que los coeficientes de dilución medios anuales son correctos, contrastándolos con los del listado del programa XOQDOQ del último año. En caso contrario se introducirán los que figuran en el listado.

- iii) Ejecutada la opción anterior aparecerá en pantalla el menú del programa que calcula las actividades fraccionales isotópicas, para ello se introducirá en Bq la actividad total emitida a través de los extractores (que se obtienen del formato 17.1) y donde pone "cantidad" se escribirá "100" y donde pone "enriq" se escribirá "4.00" salvo que se disponga de datos de enriquecimiento mas precisos en cuyo caso se introducirán estos. Se procederá a ejecutar el programa y se imprimirán los resultados, entre el que aparecerán las actividades emitidas correspondientes a los distintos isótopos.
- iv) A continuación aparecerá en pantalla el programa "Cálculo de dosis". Se introducirán los datos de "tiempo inicial" (corresponde al tiempo en segundos que va desde que se inicia la emisión hasta que una persona se coloca en el punto en el que se desea calcular la dosis), típicamente debe asignarse  $t=0$ . Como tiempo final se escribirá el que va desde que se inicia la emisión hasta que la persona del público en general se retira del punto en que se desea calcular (salvo que se dispongan datos fiables se procederá como tiempo final = tiempo de emisión). Como tiempo de emisión se utilizará el que va desde que se inicia la emisión (generalmente corresponde al instante en que se produce la "alta alarma" en el extractor) hasta que finaliza la emisión, (de no estar esta finalizada se utilizará el tiempo correspondiente a la última medida de actividad realizada). Como actividades emitidas por isótopo se utilizarán las calculadas en el punto iii). En cuanto al "AMAD", salvo que se disponga de datos mas precisos se considerará que es el de 1  $\mu\text{m}$ .

SITUACION DE ACCIDENTE

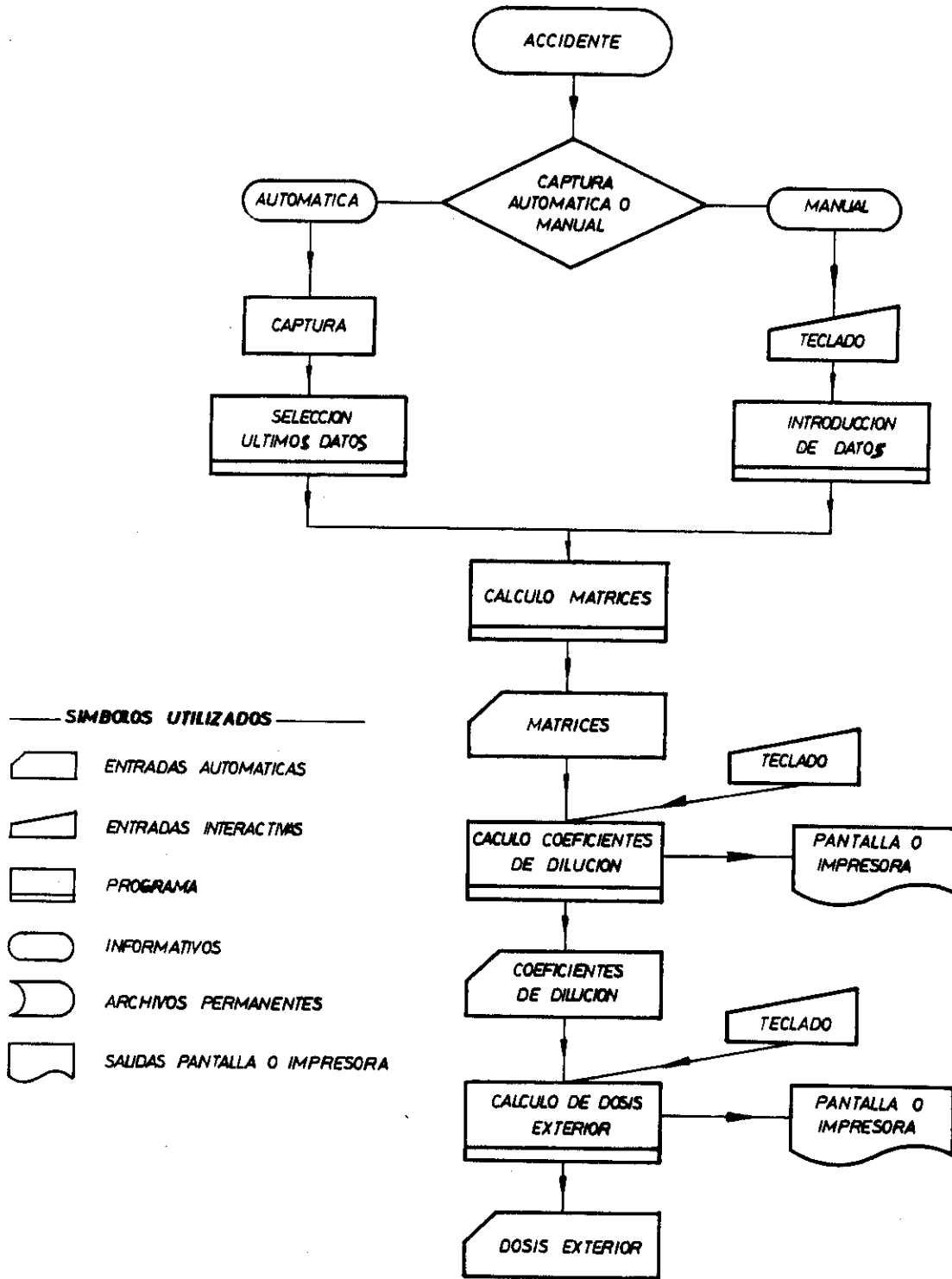


Figura Nº 4

#### 4. CALCULO DE DOSIS AL EXTERIOR DE LA FABRICA POR EMISION DE EFLUENTES RADIATIVOS LIQUIDOS.

Los programas que constituyen este grupo se muestran en el recuadro "D" de la figura 1. A continuación se describe cada uno de ellos.

##### (15) TMENDOLI

Este programa calcula las actividades vertidas de cada uno de los siguientes radionucleidos  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{Th}$ ,  $^{234}\text{-Pa}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{236}\text{U}$ . a partir de la actividad total emitida y las cantidades procesadas para cada enriquecimiento en el periodo considerado.

Las hipótesis de calculo consideradas son las siguientes: a) el  $^{238}\text{U}$  se encuentra en equilibrio secular con el  $^{234}\text{Th}$  y con el  $^{234}\text{-Pa}$ . b) las actividades emitidas de los distintos radisótopos son proporcionales a las cantidades procesadas en cada uno de ellos; el programa los calcula utilizando un fichero que contiene las composiciones isotópicas de distintos enriquecimientos procesados en la Fábrica. En la elaboración de dicho fichero se han utilizado los datos obtenidos en los análisis realizados en el Laboratorio Químico.

##### (16) TMDLCNFA

Este programa calcula las dosis anuales por emisión en efluentes radiactivos líquidos. En principio puede calcular para cualquier otro periodo, pero no se considera conveniente pues utiliza un fichero de consumos de alimentos, pluviometria y tasas de riego referidos a un año completo; no obstante a efectos de orientación, se utiliza para cálculos trimestrales.

Como datos de entrada utiliza los siguientes:

- Actividades totales emitidas, en el periodo considerado de cada uno de los siguientes isótopos  $^{238}\text{U}$  ( $^{234}\text{Th}$  y  $^{234}\text{Pa}$  y en equilibrio secular)  $^{235}\text{U}$  y  $^{236}\text{U}$ . Si no se conocen estos datos se utilizan las actividades proporcionadas por el programa TMENDOLI.
- Caudal medio del rio, caudal medio del vertido y factor de dilución en el periodo considerado.

El programa calcula las dosis al individuo más expuesto suponiendo un vertido continuo acuerdo con la RG 1109 rev. 1 a traves de los siguientes caminos de exposición:

a) Ingestión de alimentos terrestres:

Se calculan las dosis a todo el cuerpo, los huesos y el riñón para distintos grupos de población (Adultos, jóvenes, niños y bebés) y para diversos alimentos (Vegetales, patatas, leche y carne).

b) Ingestión de agua potable

Se calcula las dosis a los mismos órganos y para los mismos grupos de población que en el apartado a).

c) Ingestión de pescados

Se calcula la dosis a partir del consumo de pescado de cada grupo de población teniendo en cuenta los factores de transferencia que se aplican para la concentración media del río.

d) Actividad depositada en la ribera

Se calculan las dosis a todo el cuerpo y a la piel por exposición a la actividad depositada en la ribera para adultos, jóvenes y niños.

Por último el programa además calcula la dosis totales a cada órgano y grupo de población y compara la dosis al individuo más expuesto con el límite máximo autorizado (6.10 mSv/año).

También calcula el porcentaje de contribución de cada uno de los caminos de exposición a para cada uno de los grupos a todo el cuerpo y a los órganos más significativos.