

SISTEMA DE CONTROL DEL ACELERADOR ELECTROSTATICO
DE IONES PESADOS DEL PROYECTO TANDAR

*

D.V.Camín, J.R.A.Mónico y S.Tau
Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica

1.- INTRODUCCION

En este informe se describe el sistema de control del Acelerador de Iones Pesados del Proyecto TANDAR. En la Fig. 1 se presenta un esquema de dicha máquina.

Los iones a ser acelerados son producidos en una de tres fuentes de iones intercambiables que están montadas en una plataforma aislada, a la que se aplica una tensión de preaceleración de 300 KV.

Las fuentes de alimentación necesarias para extraer y enfocar el haz son controladas por medio de fibras ópticas desde potencial de tierra.

Después de ser deflectado por el imán de 90°, el haz es preacelerado y luego ingresa al tubo acelerador donde, por acción electrostática, es acelerado hasta el terminal cuyo potencial puede alcanzar 20 MV. Cambiado el signo y el estado de carga de los iones en el stripper, se produce una segunda etapa de aceleración hasta que el imán deflector inferior lo desvía hacia las salas experimentales.

El tubo acelerador se encuentra dentro del tanque donde, por razones de aislación, se almacena gas SF_6 (hexafluoruro de azufre) a una presión de 10 kg/cm².

Dentro del terminal y las cuatro secciones muertas se encuentran lentes electrostáticas necesarias para enfocar el haz, bombas de vacío, jaulas de Faraday, etc. La energía necesaria para las fuentes de alimentación correspondientes es provista por generadores movidos por un eje aislado desde potencial de tierra. El control de las mismas se realiza transmitiendo datos a través de medios ópticos: fibras ópticas desde las secciones muertas al terminal y haz infrarrojo directo en forma radial desde el terminal hacia el exterior.

Dadas las extremas condiciones ambientales en que trabaja el equipo electrónico dentro del acelerador (descargas de muy alta energía, alta presión del gas SF_6) la confiabilidad del mismo es un factor muy importante que se ha tenido en cuenta. Además de las técnicas normalmente utilizadas para evitar la interferencia electromagnética (dobles blindajes, filtros) se decidió usar barras de control movidas desde el exterior del tanque para actuar sobre los parámetros críticos necesarios para obtener haz, aún en caso de falla del equipo electrónico.

El esquema general del sistema de control se indica en la Fig. 2. Una computadora PDP 11/23 conectada a un chassis CAMAC realiza la gestión de adquisición de datos y de control de algunos parámetros del tanque. Un sistema cableado controla la mayoría de los componentes del sistema. El uso de la norma CAMAC en la instrumentación fué adoptado para permitir la expansión y actualización progresiva del sistema (ver Anexo 1). A medida que se vaya obteniendo mayor experiencia operativa se incrementará progresivamente la participación de la computadora en el control de la máquina.

2.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE CONTROL

Los aceleradores electrostáticos tienen características especiales en cuanto a los requerimientos para su control, ya que:

- a) Los elementos distribuidos a lo largo de toda la instalación deber ser controlados desde una zona centralizada.
- b) Hay elementos ubicados en zonas cuyo potencial respecto de tierra varía desde algunos KV hasta varios MV.
- c) Los elementos ubicados en las zonas de mayor potencial (terminal y secciones muertas) se encuentran además sometidos a altas presiones en la atmósfera del gas aislante SF_6 .

La solución adoptada habitualmente para hacer frente a los problemas creados por los requerimientos b) y c) fue la de emplear varillas de lucite movidas por motores ubicados a nivel de tierra. Cada varilla movía en su otro extremo un potenciómetro de una fuente de poder, un autotransformador o un simple interruptor, que actuaban ya sea variando el potencial de una lente electrostática, encendiendo o apagando una fuente, etc. Este tipo de control por varillas era habitual en máquinas de hasta 13 MV horizontales

sin secciones muertas. El monitoreo se realizaba en algunos casos por medio de cámaras de TV que leían los instrumentos de las fuentes.

Las máquinas de mayor tamaño plantean requerimientos de control mucho más estrictos:

- mayor número de parámetros
- mejor regulación en las fuentes de poder

Como referencia, se menciona el caso del acelerador de 30 MV de Daresbury (Inglaterra) en el que el número de parámetros a controlar sólo dentro del tanque, sumando los de lectura y control, se aproxima a 1000.

El advenimiento de las técnicas de transmisión de datos a través de medios ópticos hizo posible el control y monitoreo a distancia salvando las altas tensiones presentes. Como contrapartida, el uso de elementos de estado sólido requirió blindajes más eficientes y mayor control en la calidad de los componentes a utilizarse a fin de lograr mayor confiabilidad. Por ejemplo, la atmósfera de alta presión del SF_6 constituye un factor de falla de los capacitores electrolíticos, los que deben blindarse con resina epoxi, o ser de tipo resistente a las variaciones cíclicas de presión que se producen en las maniobras de llenado y vaciado del tanque.

La técnica de transmisión de datos por medios ópticos puede ser utilizada por medio de fibras ópticas individuales para cada canal o a través de multiplexado usando solo un par de conjuntos transmisor-receptor. Este último es el sistema utilizado en los aceleradores más modernos. El uso de fibras individuales es común en aquellas máquinas donde progresivamente se fueron reemplazando barras de control por fibras ópticas.

El sistema adoptado para el acelerador TANDAR es mixto: se usa transmisión óptica y barras de control. El criterio fué utilizar un sistema de control electrónico, conservando la posibilidad de actuar sobre parámetros críticos por medio de barras de control en caso de falla del equipamiento electrónico. En la Tabla III se indican los requerimientos de monitoreo/control.

3.- DESCRIPCION DEL SISTEMA

Fuente de iones e inyector: Según fué descripto anteriormente, el sistema cableado se encarga de llevar las señales de comando y lectura entre los cabezales de fibras ópticas en el terminal de tierra de la fuente de iones y la consola de control.

En la Fig. 3 puede apreciarse un diagrama en bloques de la disposición usada para las fibras ópticas. Las señales lógicas de control y/o status son transmitidas simplemente entre cabezales inferiores y superiores. Las señales analógicas llegan a los cabezales G_1 , G_2 y G_3 , a potencial de tierra; allí se realiza una conversión tensión/frecuencia y los pulsos resultantes son transmitidos mediante las fibras a los cabezales que se encuentran a tensión de preaceleración (300 KV). En estos últimos se realiza la conversión inversa (frecuencia/tensión) y, según se observa en esta figura, A_1 , B_1 , B_2 , C_1 y C_2 están dedicados a las tres fuentes de iones posibles: Duoplasmatron, Sputter Cone y Alphasatross mientras que I_1 e I_2 corresponden al inyector.

Esta normalización de cabezales en el terminal superior obedece a una necesidad de cambio de fuente de iones y, por lo tanto, de señales de comando/lectura, en forma sencilla.

Lo descripto corresponde a las señales analógicas de control, las de lectura sufren un proceso inverso. La ventaja de este método de conversión tensión/frecuencia es su sencillez y razonable linealidad frente a la alternativa de usar conversores analógicos/digitales convencionales.

Tanque: Dentro del tanque se encuentran cuatro secciones muertas y el terminal, los cuales poseen diversos elementos a controlar y leer desde la consola de comando (ver Fig. 2).

Este proceso de control/lectura lo realiza un chassis CAMAC ubicado en el terminal. Los elementos ubicados en este último son actuados directamente, mientras los ubicados en las secciones muertas se comunican con el chassis CAMAC mediante fibras ópticas, utilizando la técnica de conversión tensión/frecuencia descripta en el punto anterior. Dicho chassis se encuentra ligado al exterior mediante un haz infrarrojo ubicado radialmente al tanque con una velocidad de transmisión de 2,5 Mbits/seg.

Este haz forma parte de un lazo serie CAMAC que viaja hasta un chassis ubicado en la consola de comando.

Dado que la comunicación con los elementos internos depende del buen funcionamiento de este lazo serie, la falla del mismo significaría una falta de control total de las secciones muertas y el terminal.

Por otro lado, la reparación de cualquier equipo electrónico dentro del tanque es dificultosa debido a lo complejo del proceso de evacuación del gas SF_6 . Es por ello que se han agregado barras a efecto de proveer una acción de control redundante sobre los elementos considerados críticos.

En la Tabla I se muestra la técnica de control/lectura usada para los distintos elementos dentro del tanque. El número de barras de control redundante asciende a 15. Es importante hacer notar que, en caso de falla del sistema CAMAC, los elementos dentro del tanque se siguen controlando mediante las barras, aunque se pierde la lectura de los mismos.

Debido a la presencia de fuertes campos eléctricos y a la posibilidad de descargas dentro del tanque, se emplea una técnica de doble blindaje en el chasis CAMAC y en todo tipo de instrumentación en el terminal y secciones muertas.

La conexión entre los diversos elementos a controlar/leer y el CAMAC se hace a través de filtros y enclavadores que aseguran una protección adecuada.

Las fibras ópticas a usar son de un tipo especial (marca: CROFON FIBER, de Dupont) que han demostrado ser resistentes a las radiaciones. Otros tipos se deterioran progresivamente en su capacidad de transmisión con el uso.

Zona de postaceleración e imán deflector: Se la define como la zona entre la base del tanque y el principio de las líneas experimentales.

Los elementos a controlar/leer son válvulas mecánicas, monitor de perfil de haz, cajas de Faraday, bombas de iones, etc. y por supuesto el imán deflector.

4.- SISTEMA CABLEADO Y CONSOLA DE COMANDO

La gran mayoría de los parámetros de la máquina son controlados por perillas o interruptores dedicados ubicados en la consola de control. La conexión entre estos últimos y los elementos en cuestión se realiza mediante cables individuales. A efectos de reducir la cantidad de instrumentos analógicos en la consola de comando, varios parámetros son indicados mediante una llave de conmutación en un solo instrumento.

La construcción de la consola de comando se muestra en la Fig. 4. Se compone esencialmente de 7 racks normalizados de 19 pulgadas de ancho y 1,72 m de alto. Posee una mesada a 0,70 m del piso con un panel inclinado en el que se disponen las perillas y llaves, de modo de lograr un acceso confortable para un operador sentado. En la porción vertical se disponen los instrumentos de panel, indicadores luminosos, tubo de rayos catódicos, etc.

En la Tabla II se indica la disposición de los elementos adoptada en los racks.

5.- CONTROL POR COMPUTADORA Y LAZO CAMAC

Mediante una minicomputadora PDP 11/23 con una memoria de 65K asociada a un sistema CAMAC, se controlan los elementos dentro del tanque y se monitorean/almacenan la mayoría de los parámetros de la máquina.

El control se realiza mediante dos perillas asignables. La lectura se hace sobre un tubo de rayos catódicos color.

La información se encuentra "paginada", en la memoria del sistema, siguiendo el orden geográfico de los elementos. Un ejemplo de como es una línea dentro de una página, es el siguiente:

EQX	T-1	28.33 KV	ON
-----	-----	----------	----

Esto corresponde a una de las tensiones de un cuadrupolo electrostático (EQX), ubicado en el terminal (T-1), tensión 28.33 KV en estado activo (ON). En este caso, en que el cuadrupolo es controlable por CAMAC, puede variarse su tensión o cambiarse su estado haciendo las asignaciones correspondientes.

Otra facilidad con que cuenta este sistema es poder almacenar información, de manera de:

- Tener un archivo de las condiciones de cada parámetro en las irradiaciones.
- Cargar el sistema con la información correspondiente a una cierta experiencia de irradiación y que la máquina (en sus parámetros controlables por CAMAC) se "coloque" en estos valores.

En la Fig. 5 se muestra un diagrama en bloques del sistema. El lazo serie se origina en el chasis CAMAC ubicado en la consola de comando, viaja hasta un emisor infrarrojo ubicado en la parte externa del tanque a la altura del terminal, pasa por un medio chasis CAMAC ubicado dentro de éste y retorna a la consola mediante una nueva conversión a luz infrarroja modulada. Este tipo de conexión serie es altamente recomendable para instalaciones que presentan fuertes interferencias electromagnéticas y distancias apreciables. La velocidad de reacción, aunque lenta comparada con una conexión paralelo, es suficiente dado el tipo de elementos a controlar (ver Anexo 1). Se observa, en la mencionada Fig. 5, que los elementos en las secciones muertas son solo leídos mediante fibras ópticas que los comunican al chasis CAMAC en el terminal.

Una serie de módulos CAMAC en el chasis de la consola permiten

que la información proveniente de las perillas y botones asignables sea introducida al sistema.

El chassis de la consola está conectado a la PDP 11/23 mediante una interface dedicada ubicada en el propio chassis.

Se cuenta con los siguientes periféricos:

- 1) Una unidad doble de discos flexibles, para cumplimentar las funciones a) y b) descritas anteriormente y alojar el sistema operativo y rutinas de prueba.
- 2) Un impresor de línea, para obtener información en forma impresa.
- 3) Un monitor de video color y teclado, para dialogar con el operador.

Finalmente se dispone de otra PDP 11/23, equipada con una unidad doble de discos flexibles, que se utiliza como "back-up" de la minicomputadora principal.

Esta segunda máquina se empleará en el desarrollo de programas para mejorar la performance del sistema de control original, durante el tiempo en que no actúe como reemplazo ante una falla de la máquina principal.

El lenguaje de programación usado es el PASCAL. Se trata de un lenguaje moderno de alto nivel que ofrece muchas ventajas sobre los tradicionales FORTRAN, BASIC, etc, entre ellas la de permitir una fácil lectura e interpretación de un programa.

6.- ESTABILIZACION DE LA MAQUINA

En la Fig. 6 se indica un esquema del circuito de estabilización. En condiciones normales de haz, se estabiliza la posición del mismo mediante un par de placas (slits) dispuestas de forma tal que el haz pasa entre ellas. Ante un desplazamiento de éste, el amplificador diferencial genera una tensión de error que inyectada en la rejilla de la válvula de alta tensión varía la corriente que fluye entre el terminal y una punta metálica enfrentada al mismo.

Ante una transitoria pérdida del haz, automáticamente el lazo de realimentación se cierra a través del voltímetro generador, manteniendo constante la tensión del terminal. Recuperado el haz, se vuelve al control por "slits".

Existe, además, una placa metálica enfrentada al terminal (capacitor pick-off) que recoge el "ripple" de la tensión del terminal. Esta señal se inyecta también en la reja a efectos de corregir las variaciones rápidas.

T A B L A I

ZONA	COMPONENTE	CONTROLADO POR	LEIDO POR	PARAMETRO LEIDO	ESTADO EN CASO DE FALLA DEL SISTEMA DE CONTROL
D1	Trampa de electrones Bomba iónica Triplete de cuadrupolos	Barra de control Barra de control Barra de control (2) o CAMAC	Enlace óptico Enlace óptico Enlace óptico	Posición Presión Vx,-Vx,Vy,-Vy	Permanece la misma Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont.
D2	Trampa de electrones Bomba iónica	Barra de control Barra de control	Enlace óptico Enlace óptico	Posición Presión	Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont.
T1	Bomba iónica (2) Bomba del stripper gaseoso(3) Stripper gaseoso Foil stripper #1 Foil stripper #2 Triplete de cuadруп. desplaz. Cuadрупolo de ajuste Steerer electrostático Apertura variable Caja de Faraday Cadena de carga (4) Tubo corona	CAMAC CAMAC CAMAC Barra de control Barra de control CAMAC Barra de control (2) o CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC Sistema cableado Sistema cableado	CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC CAMAC	Presión Corriente I ₁ , I ₂ , I ₃ Posición de válvula Posición de folia Posición de folia Vx,-Vx,Vy,-Vy Vx,-Vx,Vy,-Vy Vx,-Vx,Vy,-Vy Posición, corriente Posición, corriente Límites de posición, corriente Corriente	Operada OFF OFF Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont. OFF Operac. por barra de cont. OFF Misma posición Misma posición Operac. por sist. cableado Operac. por sist. cableado
D3	Trampa de electrones Bomba iónica Foil stripper	Barra de control Barra de control Barra de control	Enlace óptico Enlace óptico Cableado	Posición Presión Posición	Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont.
D4	Trampa de electrones Bomba iónica	Barra de control Barra de control	Enlace óptico Enlace óptico	Posición Presión	Operac. por barra de cont. Operac. por barra de cont.

T A B L A I I

DISPOSICION DEL EQUIPAMIENTO EN LA CONSOLA

RACK	E Q U I P O
A	- Elementos de control y monitoreo del inyector
B	- Elementos de control y monitoreo del inyector - Selector de caja de Faraday de baja energfa
C	- Elementos de control y monitoreo de baja energfa y del sistema pulsado
D	- Tubo de rayos catódicos color y teclado alfanumérico
E	- Selector de caja de Faraday de alta energfa - Estabilizador del potencial del terminal - 2 instrumentos análogos asignables - 2 perillas asignables
F	- Medidor de campo magnético por resonancia nuclear - Monitor de perfil de haz - Elementos de control y monitoreo de cuádrupolos magnéticos y steerers
G	- Sistema de gas SF ₆ - Imán deflector - Barras de control de alta energfa

T A B L A I I I

REQUERIMIENTOS DE CONTROL

U B I C A C I O N		SEÑALES DIGITALES				SEÑALES ANALOGICAS			
		CONTROL		MONITOREO		CONTROL		MONITOREO	
		C A B L E A D O	C A M A C	C A B L E A D O	C A M A C	C A B L E A D O	C A M A C	C A B L E A D O	C A M A C
S 1		5		1	3	3		6	7
S 2		2		1	1	7		9	9
S 3					1	3		5	5
S N		4		5		3		7	6
I 1		8		13		5		16	18
Ø 1		10		2		23		37	26
Ø 2		5		2				13	9
Ø 3		4		2				7	3
C T		16		5		10		17	15
T A N Q U E	D 1	2		4			2	2	6
	D 2	2		4					2
	T	4	20	2	12	4	7	2	30
	D 3	4		7					2
	D 4	2		4					2
C B		1						1	4
L X		1		2				5	6
T O T A L		70	20	54	17	54	9	125	150
TOTAL GENERAL		90		71		63		275	

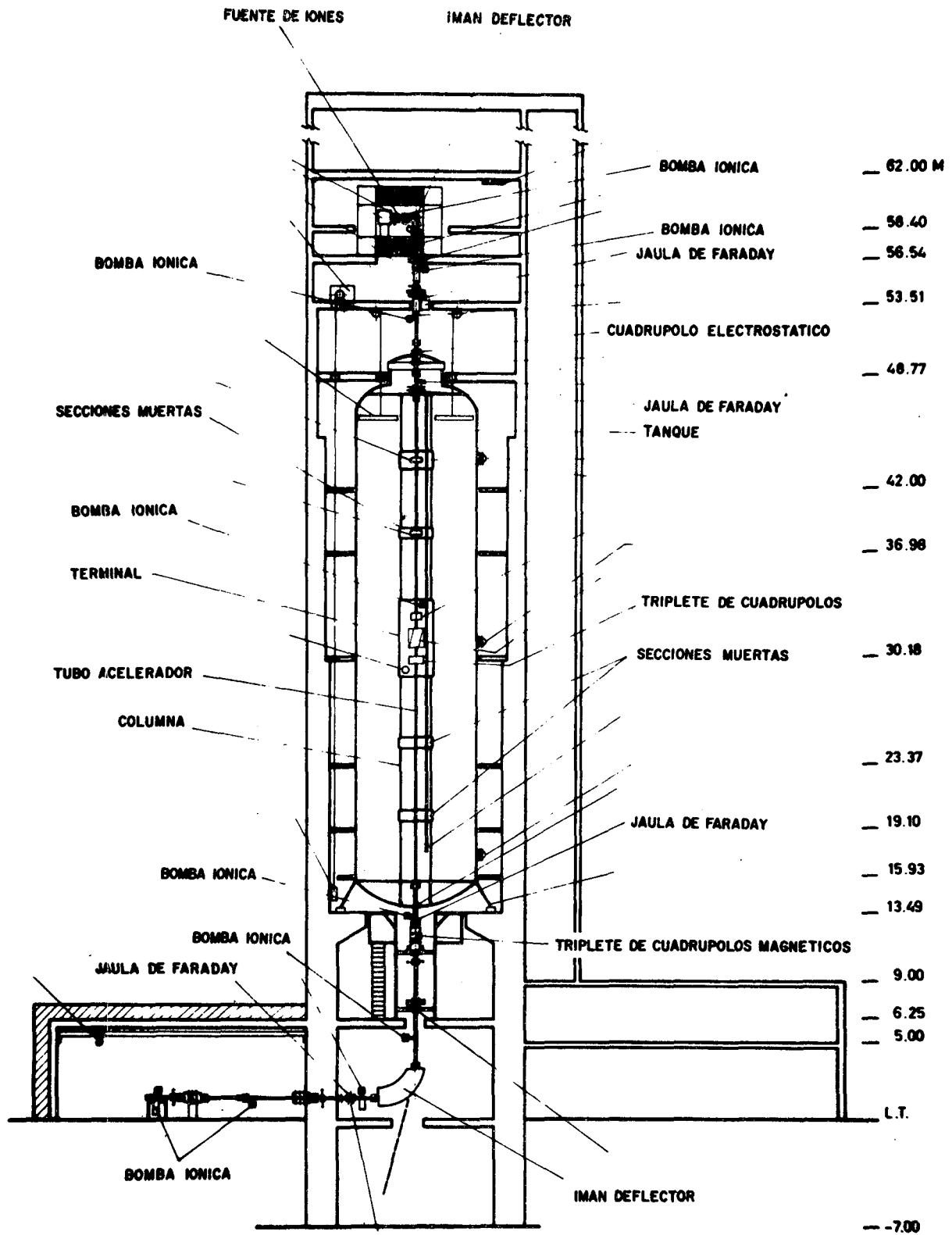


FIG 1 CORTE DEL ACELERADOR

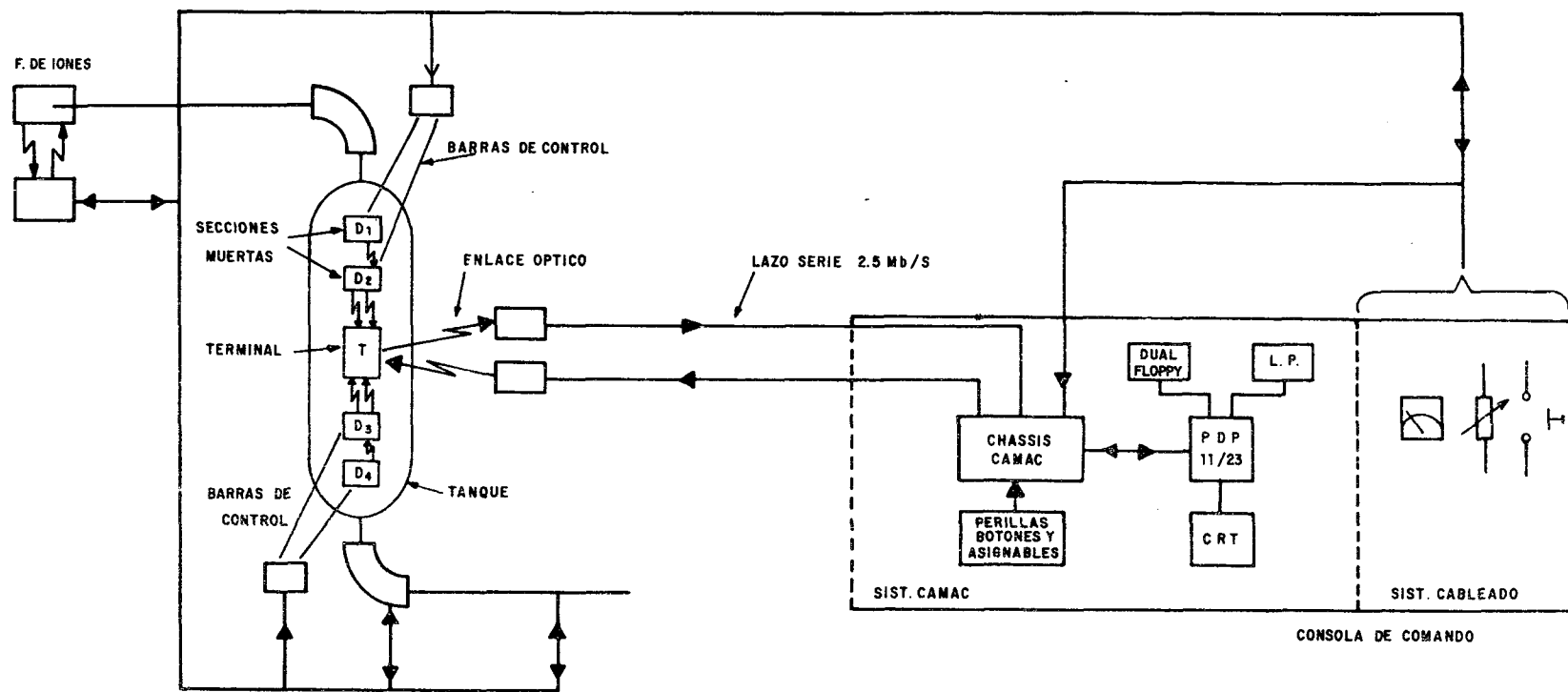


Fig. 2 SISTEMA DE CONTROL - DIAGRAMA EN BLOQUES

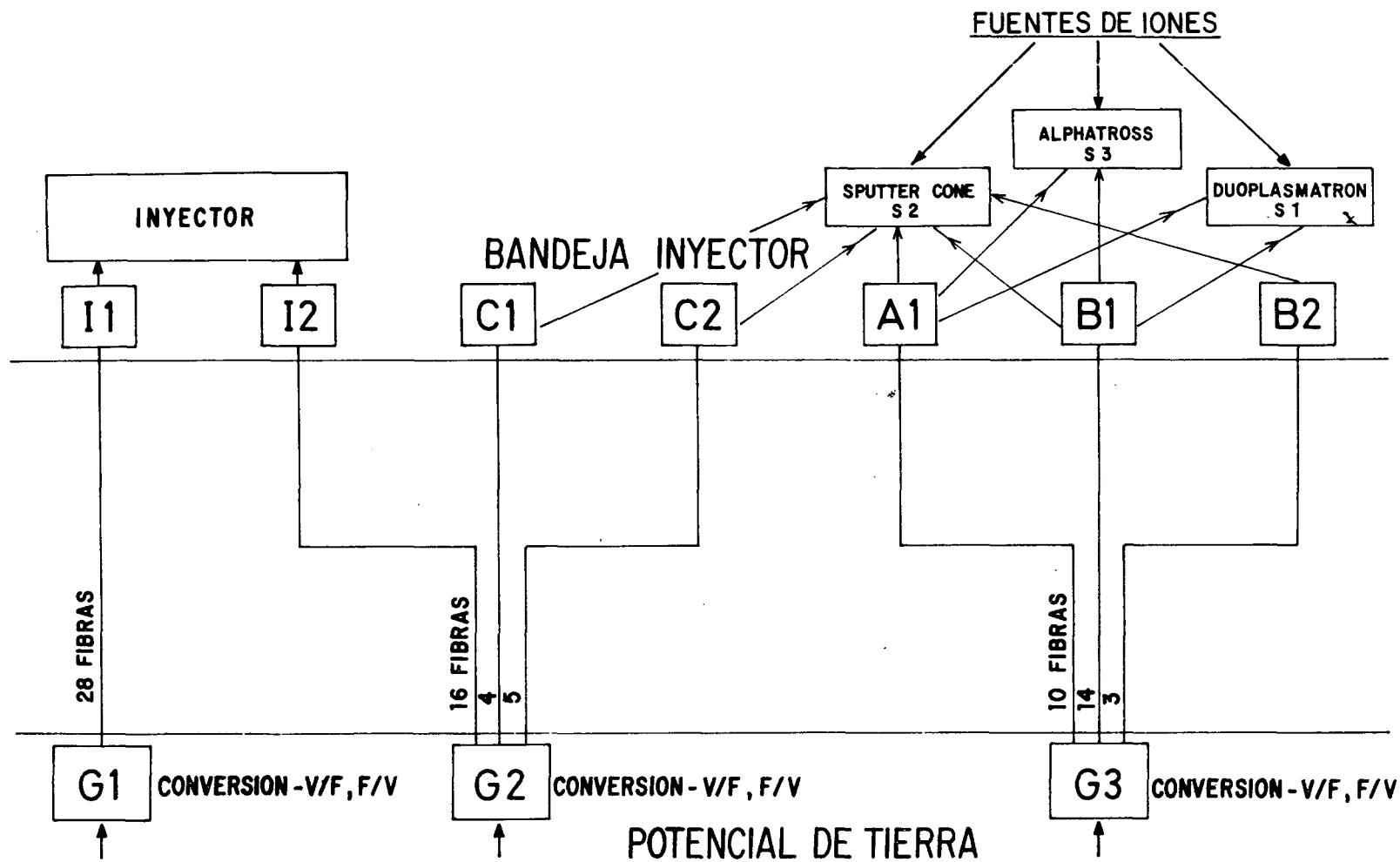


Fig. 3 - DISPOSICION DE FIBRAS OPTICAS EN EL INYECTOR

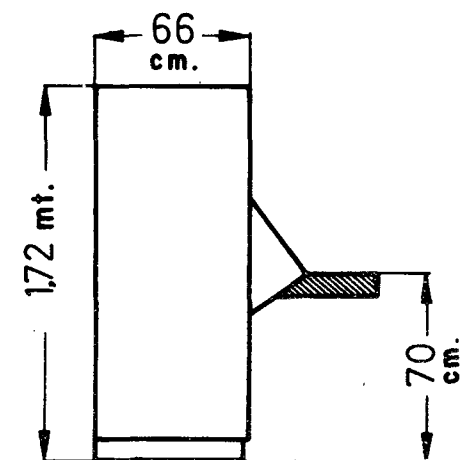
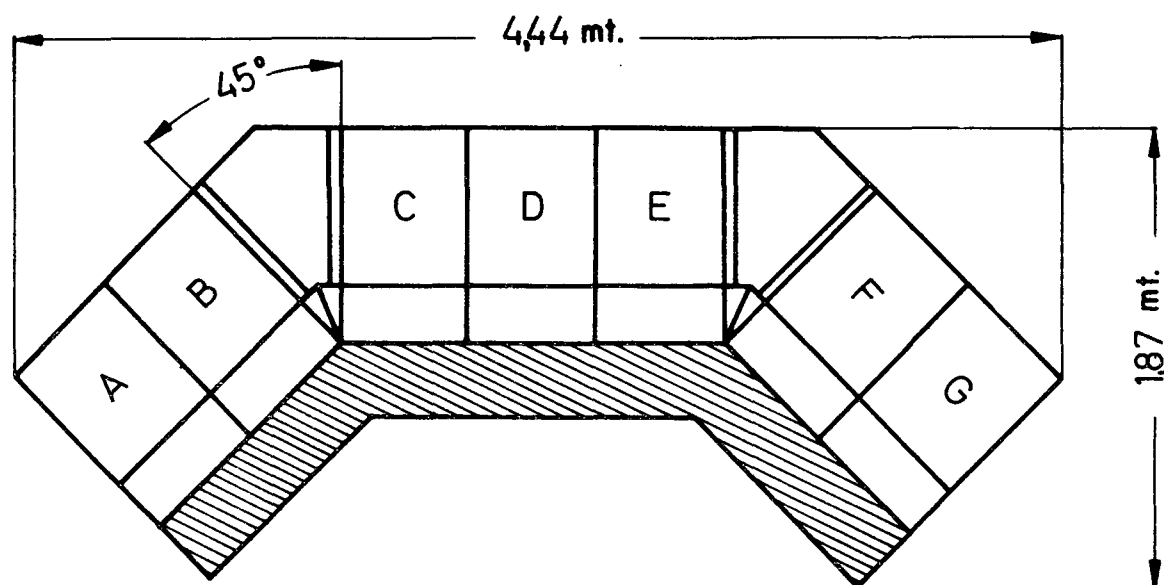


Fig. 4 CONSOLA DE COMANDO

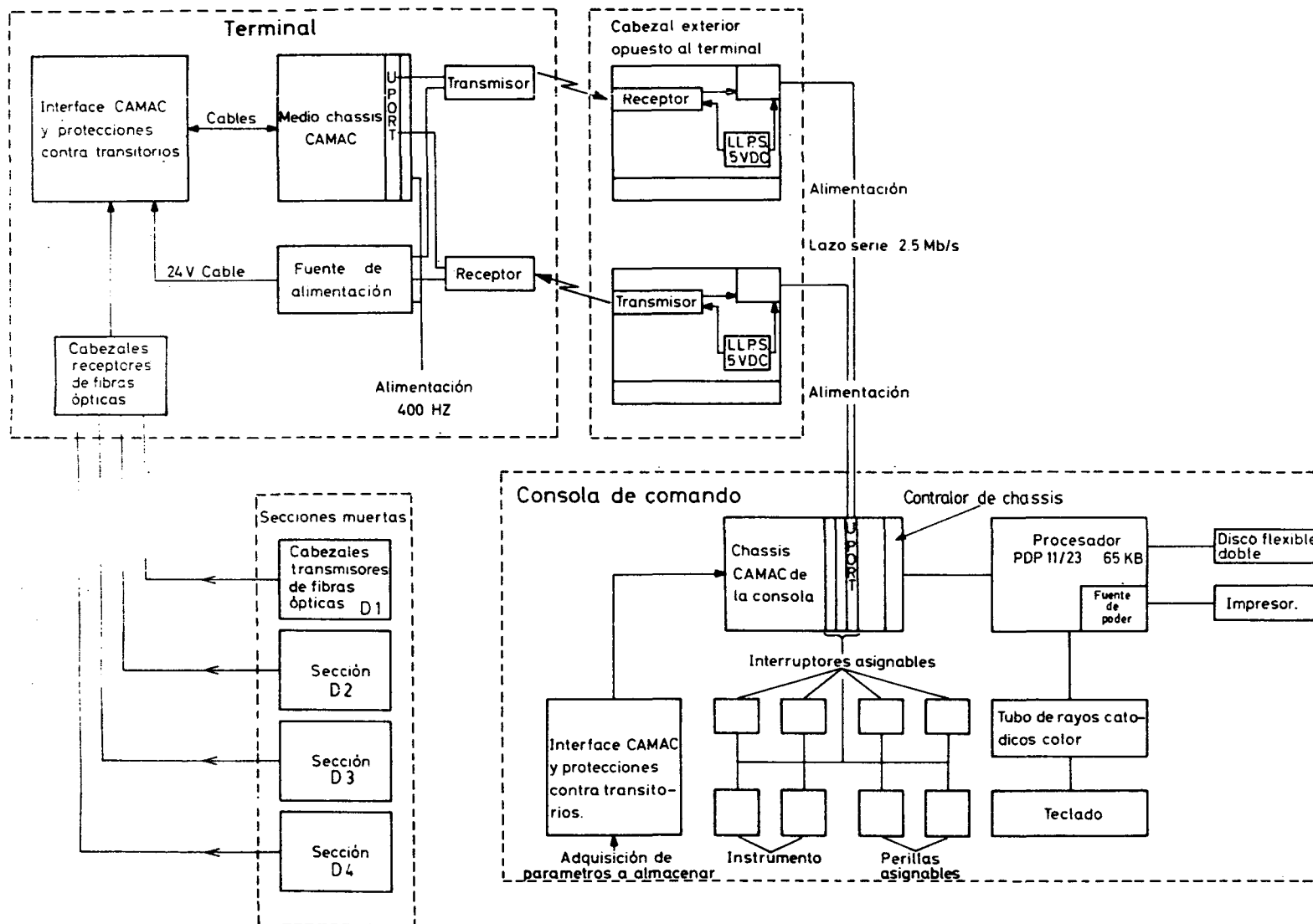


FIG 5: Diagrama en bloques del sistema CAMAC y computadora

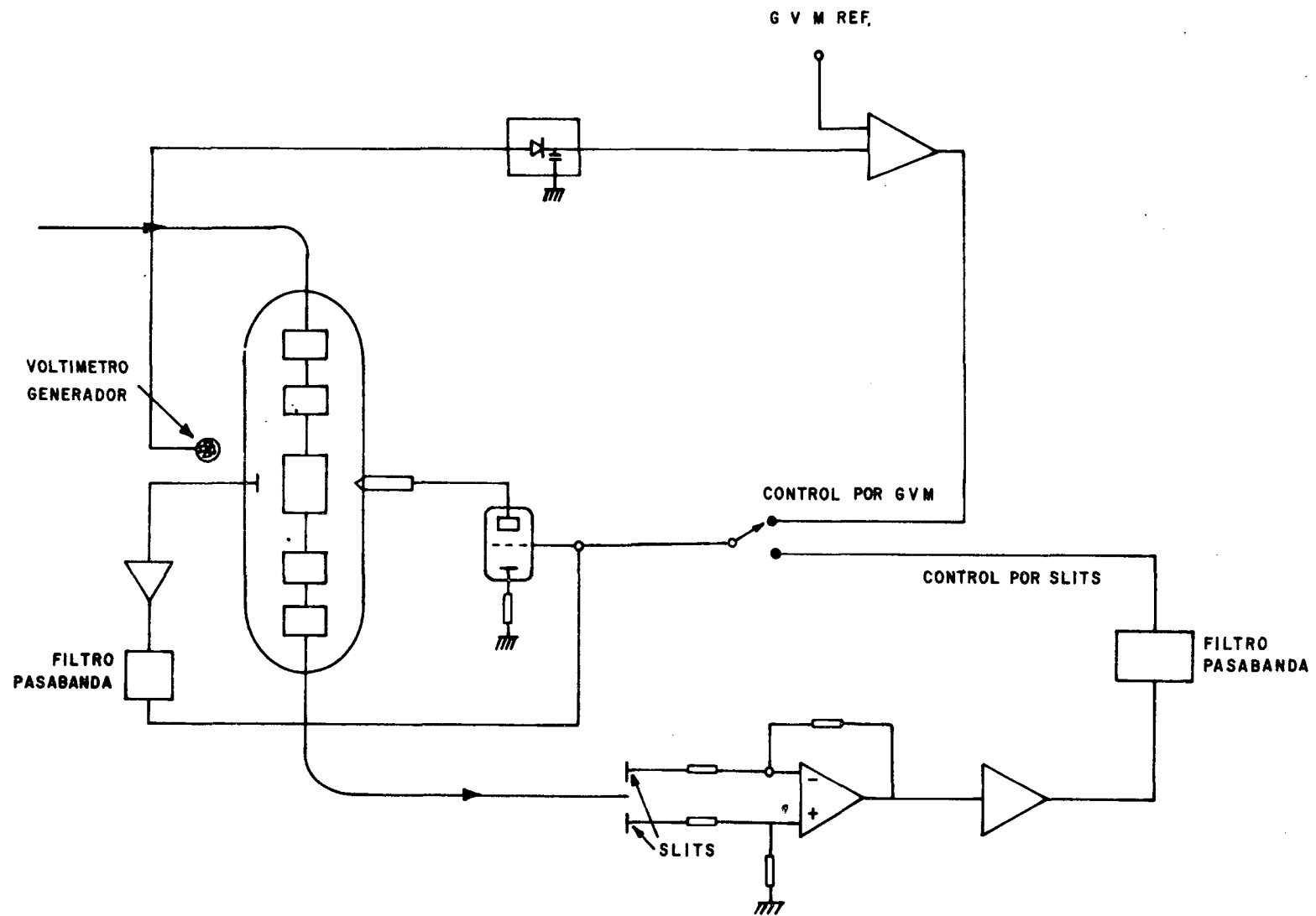


Fig. 6 ESTABILIZACION DE LA MAQUINA

A N E X O 1Introducción a sistemas CAMAC

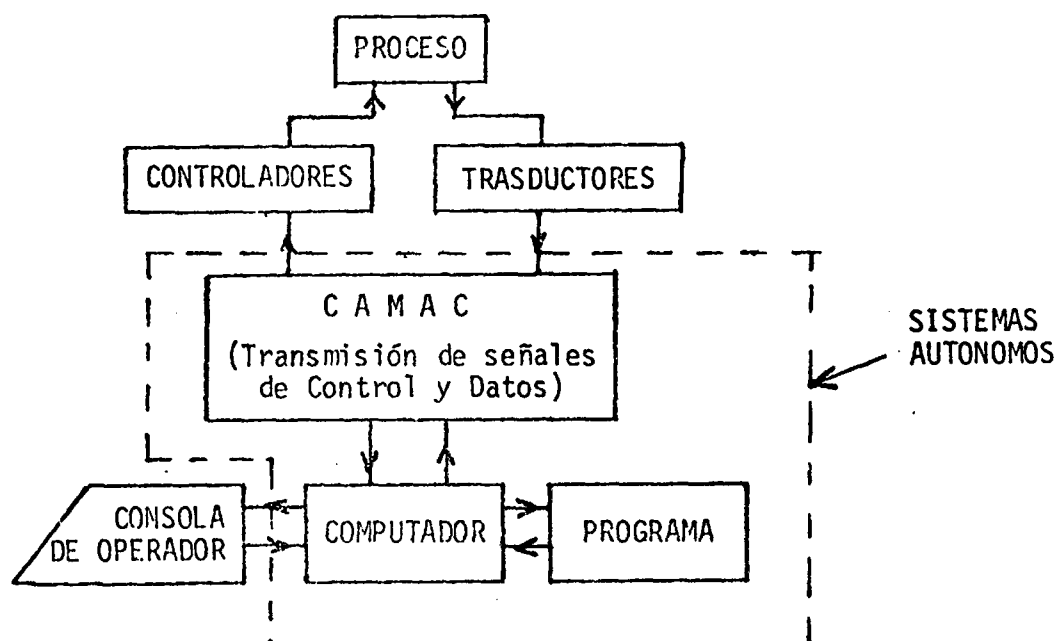
CAMAC: Computer Automated Modular for Adquisition and Control

El sistema CAMAC es un conjunto de normas internacionales que definen:

- a) dimensiones mecánicas
- b) reglas de conexión y de diálogo entre elementos de medición y computador
- c) características de las señales eléctricas en juego.

Por lo tanto permite el "interfaceo" normalizado entre cualquier computadora/s y los elementos del sistema de control en un proceso automatizado.

Existe una variedad de módulos tal (800 tipos) que es posible constituir sistemas de complejidad importante a menor costo que si se desarrollara todo a medida, con la ventaja de tener gran flexibilidad en su evolución y compatibilidad total.

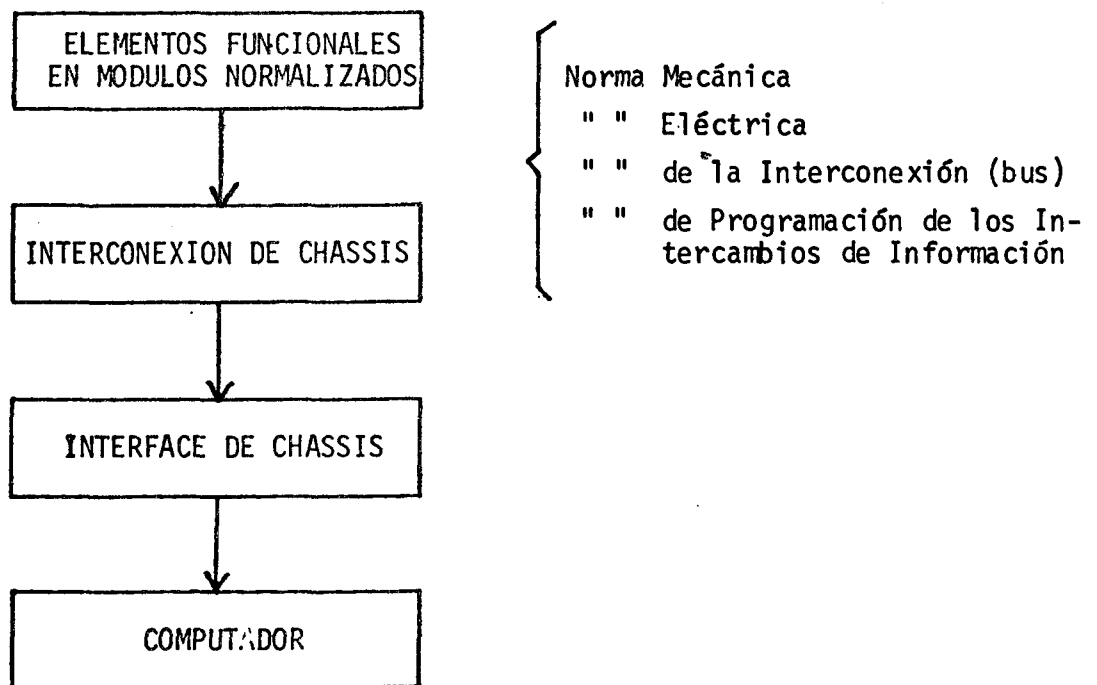


Principios básicos del sistema

Todo lo que se describirá está contenido fundamentalmente en tres normas CAMAC:

- SISTEMAS MONOCHASSIS → EUR 4100 d, e, f, i
- SISTEMAS MULTICHASSIS PARALELOS → EUR 4600 d, e, f, i
- SISTEMAS MULTICHASSIS SERIE → EUR 6100

editadas por el Comité ESONE (dependiente de la CEE y trabajando en cuestiones nucleares)

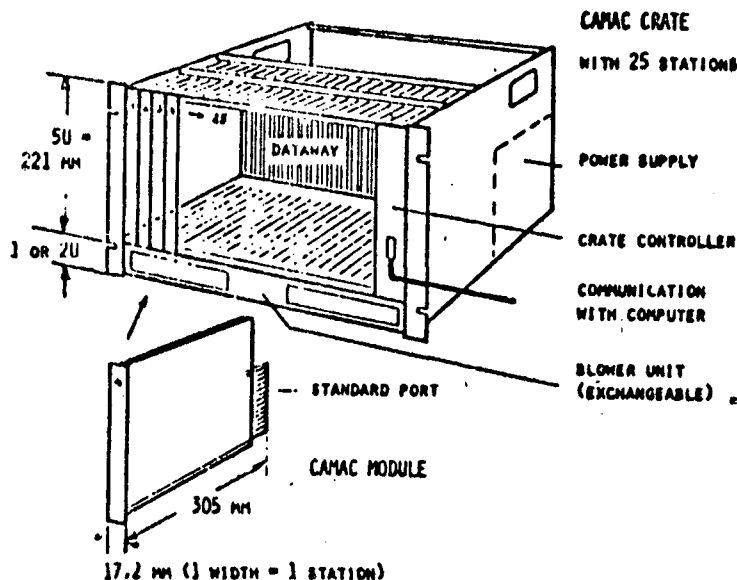


Características

- a) Sistema modular con chassis y módulos normalizados mecánica y eléctricamente.
- b) Existencia de una interconexión (BUS) en el chassis que permite la transmisión de datos, señales de comando y tensiones de alimentación.
- c) "Interfaceo" del conjunto chassis-módulos normalizados a un computador mediante el uso de un módulo dentro del chassis (llamado "controlador") que está construido, orientado o no, hacia el computador utilizado (depende del tamaño del sistema).
- d) Varios chassis pueden interconectarse entre sí y a su vez todo el sistema a un computador.
- e) Programación de los intercambios de datos y comandos entre el computador y los módulos.

Características mecánicas

- La estación "controlador" no está conectada a las líneas comunes de las estaciones "normales" y posee otras líneas privadas a ella, que van o vienen de las estaciones normales.
- Allí se coloca un módulo llamado "controlador de chasis" que supervisa las operaciones sobre la interconexión.



Descripción de la interconexión

Permite básicamente:

- Selección individual de un módulo (1 entre 25) por 1 barra de dirección N.
 - Selección de una sección del módulo (1 entre 16 posibles) mediante 4 barras de subdirección A₁, A₂, A₄ y A₈.
- Realización dentro del módulo de una operación o función (1 entre 32 posibles) mediante 5 barras de función F₁, F₂, F₄, F₈, F₁₆, algunas de ellas (18 de las 32) son normalizadas y otras se dejan al arbitrio del fabricante (puede tratarse de: Lectura, Escritura, Control).
- Transferencia de datos de un módulo cualquiera hacia el controlador de chasis (operación de lectura) mediante 24 barras R y a la inversa mediante otras 24 llamadas W (escritura). Longitud de palabra: 24 bits.
- Recepción de la respuesta de un módulo a señales de test enviadas por el controlador mediante una barra Q (Respuesta). Aplicación: transferencia de bloques.
- Control de buen funcionamiento mediante la barra X (comando aceptado que es enviado también por el módulo).

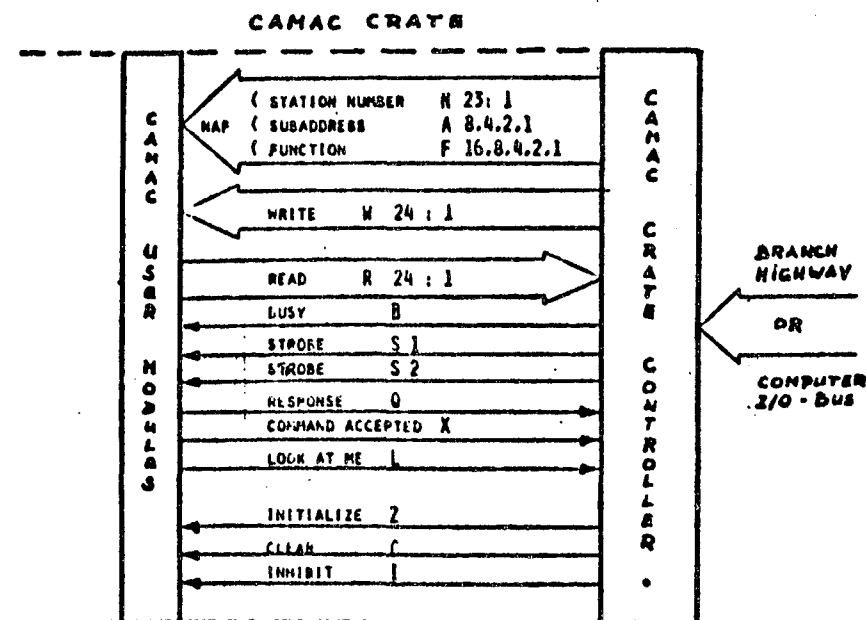
f) Envío por el controlador de chassis de:

- | | | |
|---------------------|---|-----------------------------|
| f.1) Inicialización | Z | } Comandos no direccionados |
| f.2) Puesta a cero | C | |
| f.3) Inhibición | I | |

Existen además dos señales S_1 y S_2 de muestreo que fijan los instantes de ejecución. S_1 es la señal de muestreo propiamente dicha y S_2 permite una operación posterior (p.ej. el borrado).

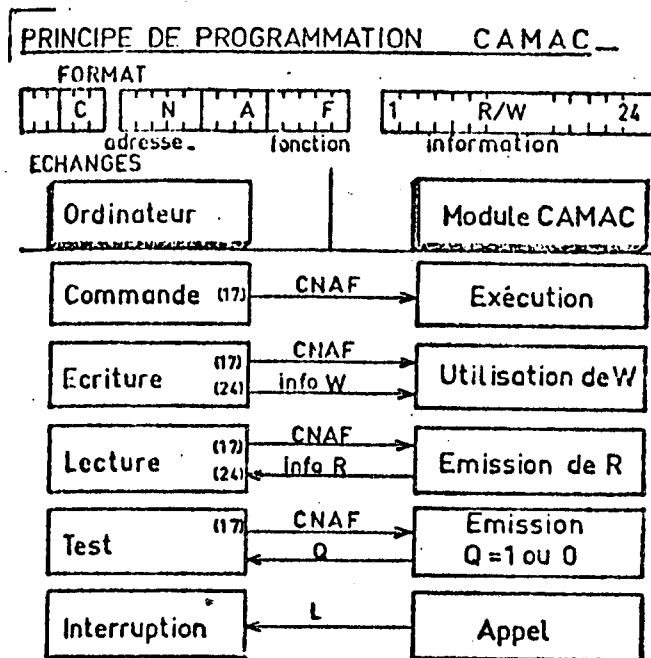
El ciclo mínimo especificado por las normas es de 1 μ seg.

- g) Señal de ocupación B (Busy) indica a todos los módulos que se desarrolla un ciclo CAMAC o que un comando no direccionado (Z, C ó I) está presente.
- h) Señal individual de LAM (look at me) que indica que un módulo necesita atención por parte del controlador. Al atenderlo el controlador pasa la demanda a la computadora, lo cual puede efectivizarse en una interrupción o un DMA (acceso directo a memoria).
Esta "demanda de LAM" puede ser: testeada, enmascarada, borrada o autorizada mediante acción del controlador a través de una instrucción CAMAC standard.



Principios de programación CAMAC

Mediante CNAF llegamos a un cierto elemento "E" (registro, por ej.), dentro de un sector "A" de un módulo "N", dentro de un chassis "C".



Tipos de conexión CAMAC-Computador

La conexión entre los módulos de una instalación y el computador se hace a través de una sola interface CAMAC propia a este último.

Sus funciones son:

- adaptaciones de señales I/O (Input/Output) del computador a la interconexión CAMAC desde el punto de vista eléctrico y del formato.
- transmitir los LAM de los módulos a las líneas de interrupción del computador.

Existen varias posibilidades:

a) Sistemas monochassis

- En este caso la interface se encuentra dentro del controlador de chassis y éste se llama "controlador de chassis especializado".
- El microcomputador construido alrededor de un microprocesador tiene su BUS de I/O que admite a los módulos CAMAC como periféricos normalizados (es la interconexión CAMAC).

Un ejemplo de este tipo de sistemas sería una instalación de colec-

ción de datos (Data Logging Systems) donde el controlador generaría secuencias CAMAC de lectura de un conjunto de módulos (escalímetros, ADC's, registros de entrada, etc); luego en otra secuencia CAMAC, escribiría estos datos en un periférico de almacenaje o presentación (TTY, floppy disk, registrador, etc); luego se podría, en base a algunos de estos resultados, modificar ciertos parámetros de los módulos (p.ej. preselección de un escalímetro, pendiente de conversión de un ADC, etc) y repetir otro ciclo.

A su vez este sistema monochassis basado en un microcomputador puede emplearse como terminal inteligente de un gran sistema multichassis con funciones de adquisición y preprocesamiento (sistemas de inteligencia distribuida).

b) Sistemas multichassis

- b.1) Rama Paralelo (Parallel Branch), utiliza los controladores normalizados tipo A-1.
El Branch driver actúa de interface entre el sistema y el computador.

La Rama paralelo es:

- Rápida (tiempo de transferencia de una palabra de 24 bits: 1 μ seg).
- La más utilizada en física nuclear por el momento (sobre todo en sistemas de adquisición).
- Máximo 7 chassis y 250 mts.

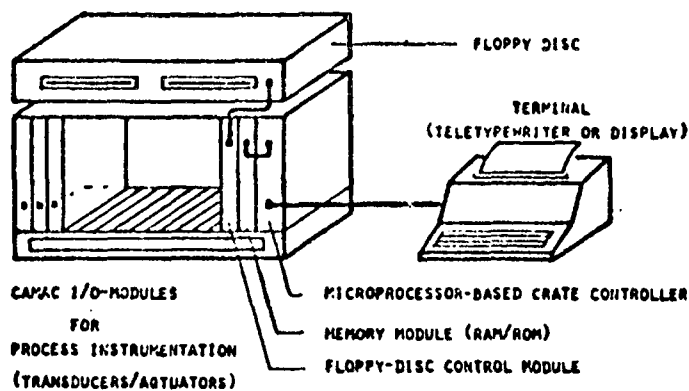
Es una extensión normalizada de la interconexión CAMAC. Físicamente es un cable con 66 pares trenzados (para evitar ruidos) con el mismo tipo de señales que la interconexión y un protocolo o "hand-shake" para independizarse de los retardos de transmisión.

- b.2) Rama Serie (Serial Branch).

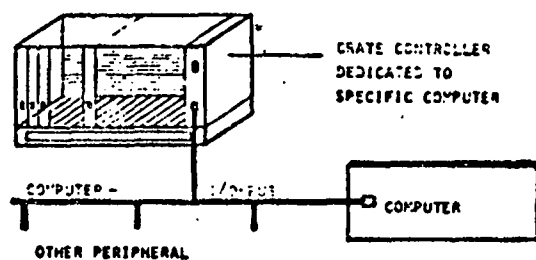
Es más apropiada cuando:

- Se trabaja con grandes distancias.
- Donde ambientes con mucho ruido eléctrico requieren un sistema de alta seguridad en la transmisión.
- Se trata de grandes sistemas con más de 7 chassis.
- Se trata de pequeños sistemas, pero se requiere gran simplicidad de interconexión al computador (p.ej. usando la puerta serie para TTY que posee el computador).

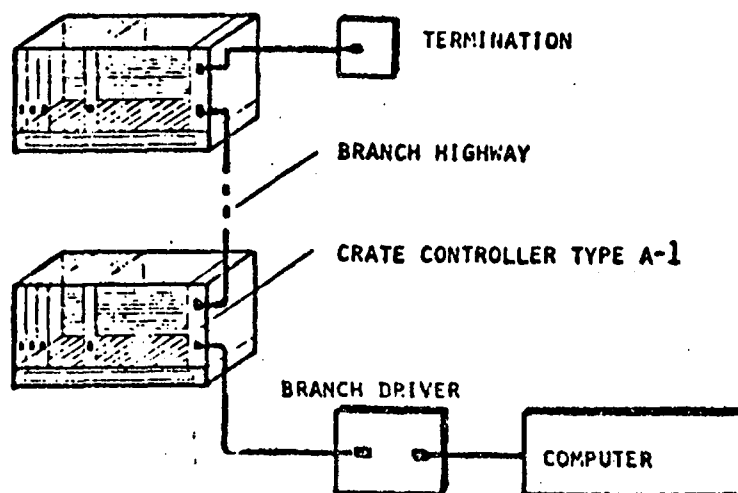
La transmisión serie puede hacerse bit a bit o byte a byte. La transferencia de 24 bits CAMAC se opera en 2,5 μ seg. Además pueden incluirse en el lazo dispositivos que no son CAMAC:



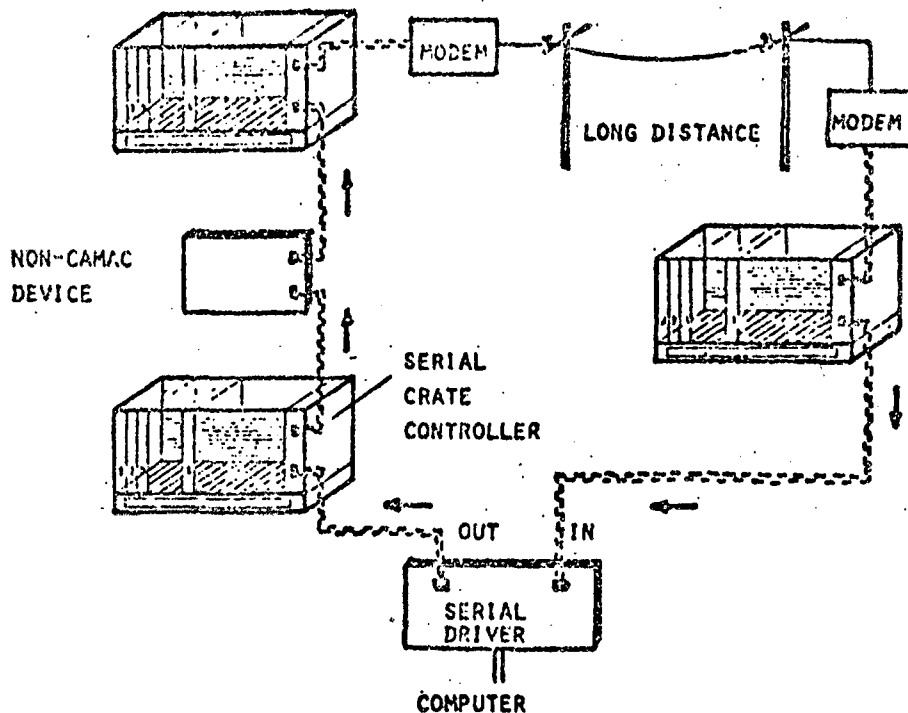
**CAMAC STAND-ALONE SYSTEM
WITH MICROPROCESSOR-BASED CRATE CONTROLLER**



**SMALL, COMPACT CAMAC SYSTEM
WITH DEDICATED CRATE CONTROLLER**



**CAMAC BRANCH HIGHWAY SYSTEM
WITH STANDARD CRATE CONTROLLER TYPE A**



CAMAC SERIAL HIGHWAY SYSTEM

Su aplicación usual es en instalaciones industriales, grandes aceleradores, hospitales, etc.

Sistemas de Transferencia de Bloques e Inteligencia Distribuida

La performance de un sistema distribuido puede incrementarse mucho incorporando estos dos conceptos que pueden utilizarse incluso simultáneamente.

Block: El Serial Driver emite comandos y recibe respuestas cada vez (los comandos pueden ser lecturas/escrituras o simples órdenes) esperando entonces cada vez la llegada de la respuesta. Puede en cambio emitirse un tren (burst) de comandos y esperar una sola vez el "burst" de respuestas.

La ventaja es la ganancia de tiempo especialmente en sistemas con muchos chassis. Permite incluso que otros chassis generen "demandas" (LAM's) entre "burst".

La desventaja es que la corrección de errores se hace muy difícil en comparación al método simple. En estos casos para prever errores se transmite dos veces el "block". Por supuesto, el serial driver está provisto de buffers a este efecto.

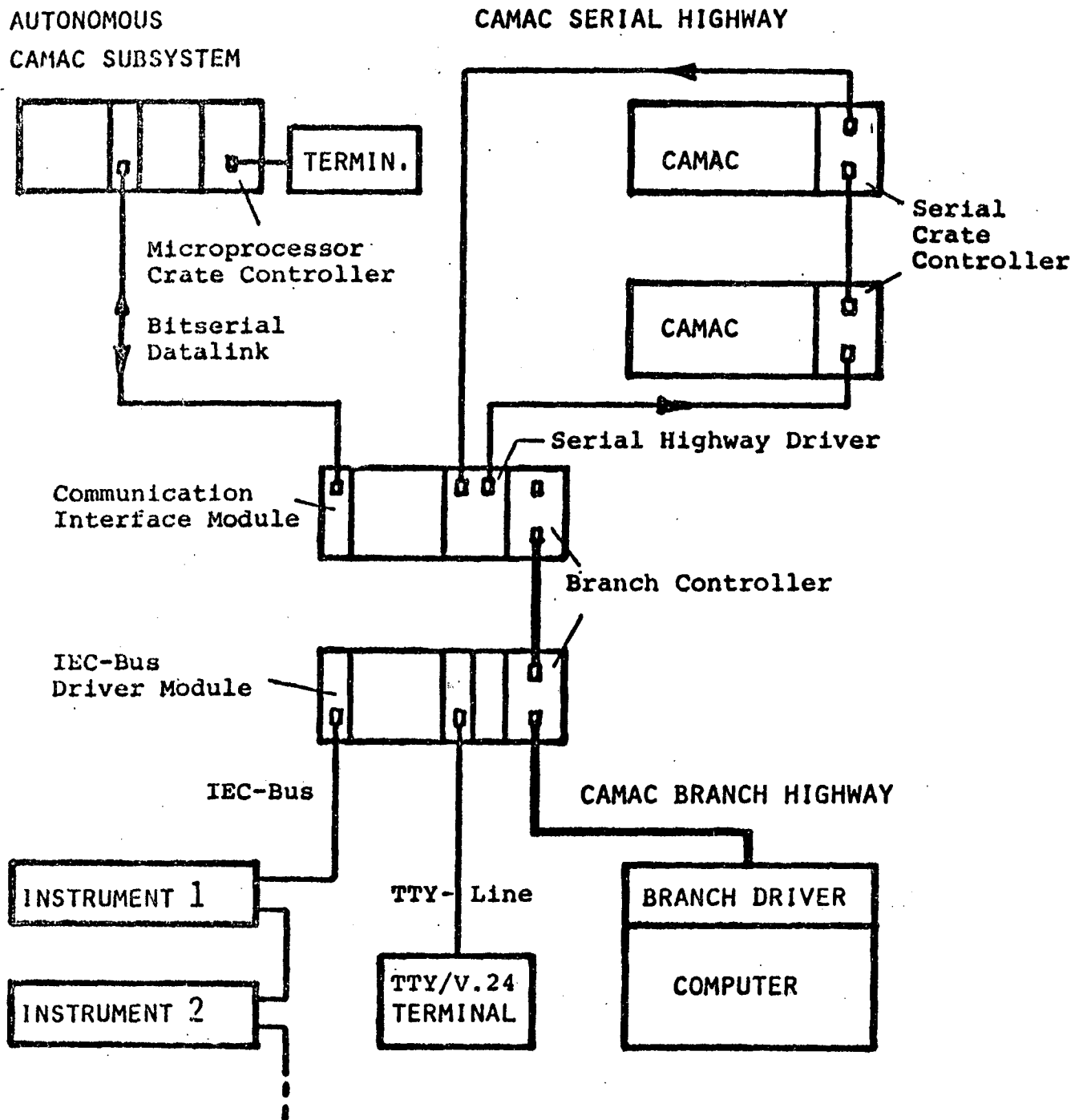
Inteligencia Distribuida: Debido a la aparición de los microcomputadores puede disponerse de subestaciones inteligentes dentro del sistema. Pueden

emplearse a diferentes niveles:

- 1.- Dentro de un módulo, para procesamiento, operación autónoma y reducción de datos.
- 2.- Dentro del controlador de chasis para control del proceso dentro del chasis (sistemas autónomos).
- 3.- Dentro del "System Driver" como procesador de I/O (front-end computer) entre el sistema y el computador principal.

Las ventajas de usar potencia de procesamiento localizados son:

- 1.- El preprocesamiento y reducción de datos hace que el computador se ocupe solo del proceso final y análisis.
- 2.- El uso de interrupciones locales hace ganar tiempo y velocidad de respuesta del sistema.
- 3.- Debido a 2) el tráfico de datos en las distintas ramas serie o paralelo es drásticamente reducido.
- 4.- Estos sistemas poseen un alto grado de autonomía, de forma que si una parte falla otras pueden trabajar y el conjunto funciona aunque con características degradadas (muy importante en las aplicaciones de control de máquinas aceleradoras).



CAMAC SYSTEM CONFIGURATIONS

Usos actuales de los sistemas CAMAC

La mayor parte de utilizaciones se sitúa en laboratorios de investigación nuclear, pues las instalaciones son:

- complejas, usándose tanto técnicas industriales para control de las máquinas como de instrumentación fina para la adquisición.
- muy evolutivas respecto del computador como de los captores y accionadores.
- financiadas y realizadas por equipos internacionales donde la compatibilidad es imprescindible (ej.: CERN).
- susceptibles de un rápido y eficiente mantenimiento dado que el horario de acceso del área experimental es normalmente reducido.

Sin embargo hay aplicaciones fuera del campo nuclear, p. ej.:

- 1.- Atmósfera industrial: alta inmunidad al ruido, facilidad de expansión (aunque mayor costo inicial), facilidad de entrenamiento del personal de mantenimiento (modularidad, intercambiabilidad), múltiples fuentes de aprovisionamiento.
- 2.- Aplicaciones médicas: unidades de terapia intensiva (se utilizan módulos autónomos para supervisar presión sanguínea, pulsaciones, temperatura, frecuencia respiratoria); todos los chasis, uno por paciente, están ligados a una consola general de visualización.
- 3.- Uso en laboratorios: como método de "interfacing" normalizado entre computadores y sistemas de medición y entre computadores entre sí.

Costo de algunos módulos CAMAC

CONTROLADOR AUTONOMO (incluido software):	U\$S 5.000.=
CHASSIS CAMAC	: 2.000.=
ESCALIMETRO CUADRUPLE	: 800.=