

SISTEMA DE DIBUJO Y DETALLADO AUTOMATICO DE HIERROS DE ARMADURA  
PARA HORMIGON ARMADO

Ing. Carlos Amura  
Lic. Roxana Ballester  
Data Proceso  
Buenos Aires - Argentina

Ing. Damián H. Hernández  
Ing. Felipe M. Yungman  
SADE S.A.C.C.I.F.I.M.  
Buenos Aires - Argentina

RESUMEN

El objeto de este trabajo es presentar un conjunto de sistemas, automatizados mediante computador, para dibujo de planos de armadura en general (SISTEMA SIPAR), para dibujo de planos de armadura de conjuntos de losas de entrepiso (SISTEMA SIPAL) y para producción de planillas de cómputos y gráficos para el doblado de barras (SISTEMA BARRAS).

Estos desarrollos forman parte de un proyecto más amplio que involucra módulos específicos para dibujo de armaduras en vigas, columnas y bases de hormigón armado.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to present an automated computer set of systems for general detailing of concrete structures (SIPAR SYSTEM), for concrete slabs detailing (SIPAL SYSTEM) and for bar bending schedules and diagrams (BARRAS SYSTEM).

This is the first approach to a wider objective that will include specific packages for the detailing of beams, columns, foundations, etc.

## SISTEMA BARRAS/SIPAR

El proceso de diseño de estructuras de hormigón armado consta de varias etapas; la "definición o diseño" de la estructura, la selección de materiales, el cálculo de las cargas, el análisis estructural y de cálculo de solicitaciones, el dimensionamiento seccional, el detallado y finalmente el dibujo de planos y planillas que constituirán la documentación de obra.

De las etapas mencionadas, la de documentación y dibujo es la más repetitiva y tediosa, y en ella se puede cometer errores aleatorios que invaliden un buen diseño.

Estas características son particularmente importantes en la elaboración de los planos de armadura y correspondientes planillas de cómputo y doblado de hierros, dados su costo en términos de horas de hombre y el papel que desempeñan en el proceso constructivo.

La realización de documentos que contengan una correcta especificación de la armadura en términos de diámetro, cantidad, forma, doblado, longitud y peso de las barras que la integran es la condición para lograr estructuras eficiente y económicamente construidas.

Los sistemas SIPAR y SIPAL para la producción de planos de armadura permiten ubicar y detallar las armaduras sobre la base del modelo de los encofrados previamente cargados en la computadora. Se puede operar indistintamente en 2-D ó 3-D y generar automáticamente los datos de entrada para la posterior corrida del Programa BARRAS.

El SISTEMA BARRAS, para la producción de planillas de cómputo y doblado de barras para hormigón armado, constituye un procedimiento que hace posible obtener dicha documentación en forma automatizada, con la ventaja adicional de optimizar el corte de las barras, con el ahorro consecuente.

Estos desarrollos han sido encarados buscando beneficios tanto cuantitativos (en costos, velocidad y capacidad) como cualitativos (presentación, confiabilidad y uniformidad) cumpliendo satisfactoriamente al presente los objetivos buscados.

### SISTEMA SIPAR

El SIPAR, es un sistema constituido por un conjunto de comandos que interactúan sobre una base de datos única para permitir, mediante un menú específico, el dibujo de la armadura sobre un modelo plano o tridimensional del encofrado. La información es ingresada en forma gráfica, quedando simultáneamente cargados en la base de datos no gráficos los parámetros necesarios para procesar el programa BARRAS sin más intervención del operador.

Cada barra es seleccionada del menú, ubicada en su posición e identificada, registrándose sus características de rutina y un conjunto de opciones tales como norma, terminaciones, doblados, etc. Las dimensiones de cada barra son recuperadas del dibujo y cargadas en la base de datos. Toda esta información puede ser luego estructurada como entrada al programa BARRAS, en el momento que se desee, mediante un comando específico.

La modalidad de trabajo con el SIPAR es análoga a la empleada con los métodos tradicionales.

El operador llama desde su terminal gráfica al archivo que contiene la geometría del encofrado, y mediante la ayuda de un menú de aplicación (ver figura 1) selecciona los comandos apropiados para la confección del plano de armadura.

El menú de aplicación tiene comandos para selección de las tipologías de anclajes terminales y para especificación de recubrimientos, tipos de acero y tipos de dobleces de barras.

Asimismo, se seleccionan desde el menú el diámetro de la barra y su forma.

Una vez que se ha definido los parámetros necesarios y escogido la barra correspondiente, se ubica en el encofrado como si fuera un elemento gráfico cualquiera.

La barra se dibuja, entonces, mediante puntos dados por el cursor en la pantalla o por medio de coordenadas ingresadas por teclado.

Una barra ya ubicada, puede ser luego copiada, borrada o movida, actualizándose automáticamente sus parámetros en la base de datos.

Finalmente, existen comandos específicos para el rotulado (labeling); de las distintas posiciones y para especificación de las cantidades y diámetros requeridos.

En caso de que el archivo que contiene el modelo del encofrado sobre el que se trabaja fuese 3-D, se genera un modelo tridimensional de la armadura, que puede ser apreciado desde cualquier punto de vista mediante representaciones planas, axonométricas o polares, obtenidas automáticamente.

#### SISTEMA SIPAL

El SIPAL permite realizar planos de armadura de conjuntos de losas de hormigón armado desde terminal gráfica, con generación automática de la entrada de datos para el sistema BARRAS y, consecuentemente, la obtención de las planillas de cómputo y doblado de hierros, incluida la optimización de su corte.

Se parte del archivo gráfico que contiene el plano de encofrado correspondiente.

La información requerida se ingresa de la siguiente forma:

1. 12 datos mediante el cursor que definen la geometría y continuidad de cada losa.
2. diámetros y separaciones, leídos de la planilla de cálculo, mediante el teclado.

Este modo de operación permite evitar cualquier cálculo manual adicional para la confección del plano y las planillas.

Tanto las barras como los rótulos son dibujados automáticamente por el sistema.

Paralelamente, se genera una base de datos no gráfica en la cual cada barra tiene asociada la siguiente información: tipo de barra, diámetro,



cantidad, posición, dimensiones, terminación de los extremos, tipo de doblado, tipo de recubrimiento, tabla asociada de mandriles de doblado, norma a utilizar, tipo de acero, dureza del acero.

El sistema permite considerar también casos particulares, como armaduras para apoyos y coberturas, barras combinadas, etc.

#### OPERACION

El procedimiento a seguir es el siguiente (ver figura 2 )

1. Se asocia las bibliotecas de celdas y menús correspondientes.
2. Se toma el comando START del MENU 2  
El programa genera la estructura de la base de datos asociada al archivo gráfico.
3. Se toma el comando PRO del MENU 2
4. Se toma el comando ELE del MENU 2
5. Se toma el comando OPC del MENU 2
6. Se toma el comando INF del MENU 2
7. Se procede al armado de las losas tomando los comandos del MENU 3
8. Para obtener una imagen de la entrada de datos parcial o final del sistema BARRAS, toma el comando FIN del MENU 2.

Ejemplo general (ver figura 3 )

- Se selecciona una barra del MENU 3
- Se ingresa diámetro, separación y posición
- El sistema calculará las dimensiones de la barra elegida, las que aparecerán en la terminal.

El usuario puede optar por aceptarlas dando un dato con el cursor, o bien modificar ingresando los valores deseados mediante el teclado.

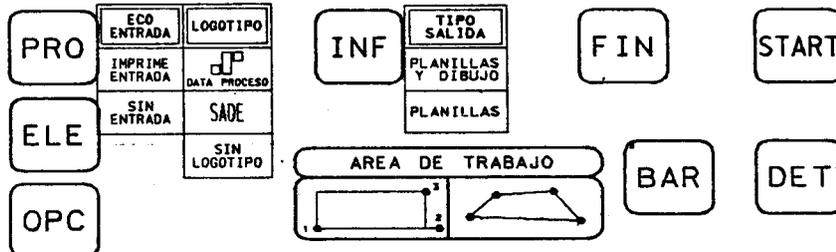
- La barra es dibujada por el sistema. El usuario podrá rechazarla o aceptarla, en cuyo caso el sistema procederá a cargarla en la base de datos.
- Para cada barra dibujada existen dos opciones: con o sin líneas de cota.

Ejemplo: Comando para armado de apoyos (ver figura 4)

- Ingresar diámetro, separación y posición
- El sistema calculará las dimensiones de la barra elegida, las que aparecerán en la terminal.
- El usuario puede optar por aceptarlas o bien modificarlas ingresando los valores deseados por teclado.

FIG. 2

SIPAR - SISTEMA PARA ARMADO



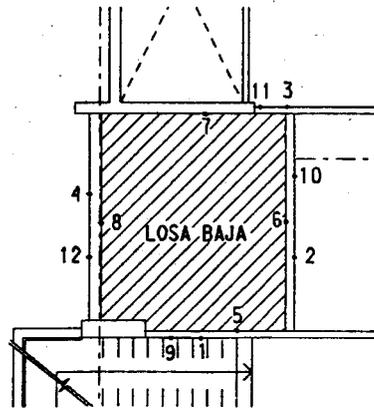
GANCHOS EXTREMOS				DOBLES ARMADURAS	RECUBRIMIENTO	TABLA DIAMETROS	NORMA	TIPO ACERO	DUREZA
I		—		NORMAL	EXTERIOR	DIN	DIN	III	DM
L		M		CAPA INTERIOR	INTERIOR	DINC		I	DM
W		X		ESTRIBO	CENTRAL			V	
Y		Z							
U		V							
G		H							

AM-MENU2,M2

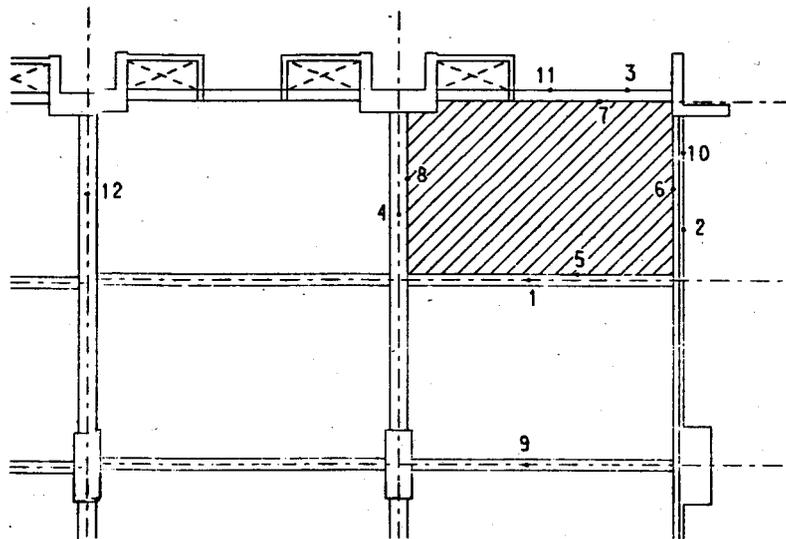
TIPO	FORMA	TIPO	FORMA	SIPAL SISTEMA PARA ARMADO DE LOSAS	R1	D5	R2	R2	R3	R2	TIPO
R1		D7			APOYO						
D5		D5									
R2		D5									
R2		D4		LOSAS	R2	D6	D7	D7	D7	D7	TIPO
R3		D4									FORMA
R2		D6									
R2		D6									
D6					D5	D5	D4	D4	D6	D6	TIPO
D7											FORMA
D7											
D7											FORMA

AM-MENU3,M3

FIG. 3

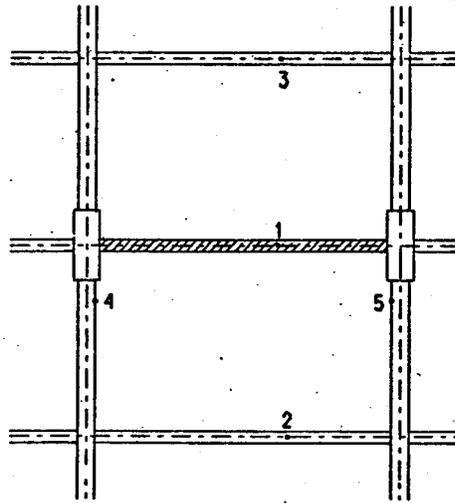


SIN CONTINUIDAD

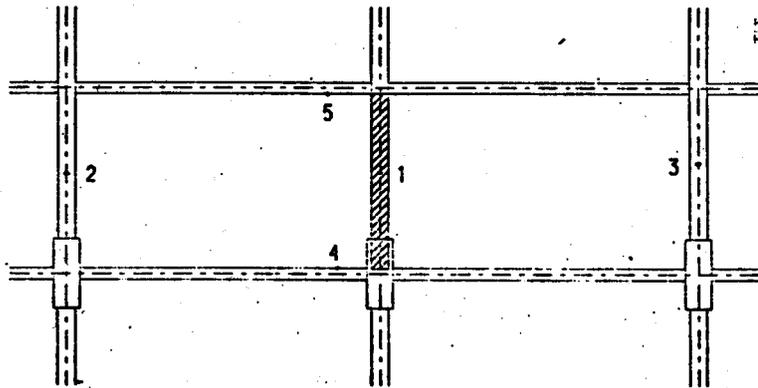


CONTINUIDAD EN 2 LADOS

FIG. 4



APOYO HORIZONTAL



APOYO VERTICAL

- La barra es dibujada por el sistema.
- El usuario puede rechazarlo o aceptarlo, en cuyo caso el sistema procede a cargarlo en la base de datos.

#### SISTEMA BARRAS - OBJETO DEL PROGRAMA

- a) Computar automáticamente las longitudes y pesos de barras con un cálculo exacto de las longitudes de corte considerando la influencia de las curvaturas de acuerdo a los diámetros de los mandriles de doblado especificados.
- b) Normalizar el doblado de armaduras según lo establecido en NORMAS
- c) Estandarizar la presentación de las Planillas de Hierros presentando informes parciales y separados para cada área de trabajo en obra.
- d) Evitar problemas en la colocación de las armaduras en los encofrados, con las consiguientes ventajas constructivas y de calidad de terminación.
- e) Considerar las longitudes entre marcas de tiza para el doblado de la barra recta.
- f) Realizar la optimización del corte de barras, combinando las posiciones de manera de obtener un desperdicio mínimo.

#### FACTIBILIDAD Y ANALISIS DEL SISTEMA

Se contó con un sistema de computación (VAX 11/780) con capacidad para procesamiento remoto y diseño gráfico (INTERGRAPH) con graficadores mecánico y electrostático.

Los sistemas SIPAR/BARRAS y SIPAL/BARRAS (cuyos diagramas se presentan en la figura 5), han sido divididos en dos programas principales, que responden a diferentes etapas.

La primer etapa corresponde a la generación del plano de armadura con el empleo de los sistemas SIPAR ó SIPAL quedando como producto terminado el plano con las especificaciones de detalles de armadura y un archivo de entrada de datos para el programa BARRAS. Las características del SIPAR ó SIPAL ya han sido mencionadas anteriormente.

La segunda etapa es activada cuando se desea generar las planillas de barras. Los datos de entrada pueden provenir de un plano de armadura ejecutado con el SIPAR ó SIPAL ó pueden ser ingresados manualmente por terminal alfanumérica. Aquí, el programa BARRAS analiza los datos, en forma concurrente realiza todos los cálculos posibles y va almacenando en memoria toda esta información. Cuando es necesario se consultará un archivo de pernos para actualizar la tabla de diámetros de pernos de doblado de barras.

Cada vez que el programa recibe el comando adecuado, vuelca la información, produciendo las planillas de datos por impresora y generando un archivo gráfico con las planillas de doblado de barras en formato IRAM A4, que se grafican en un plotter (de plumas, CALCOMP ó electrostático, VERSATEC).

# SISTEMA SIPAR / BARRAS / SIPAL

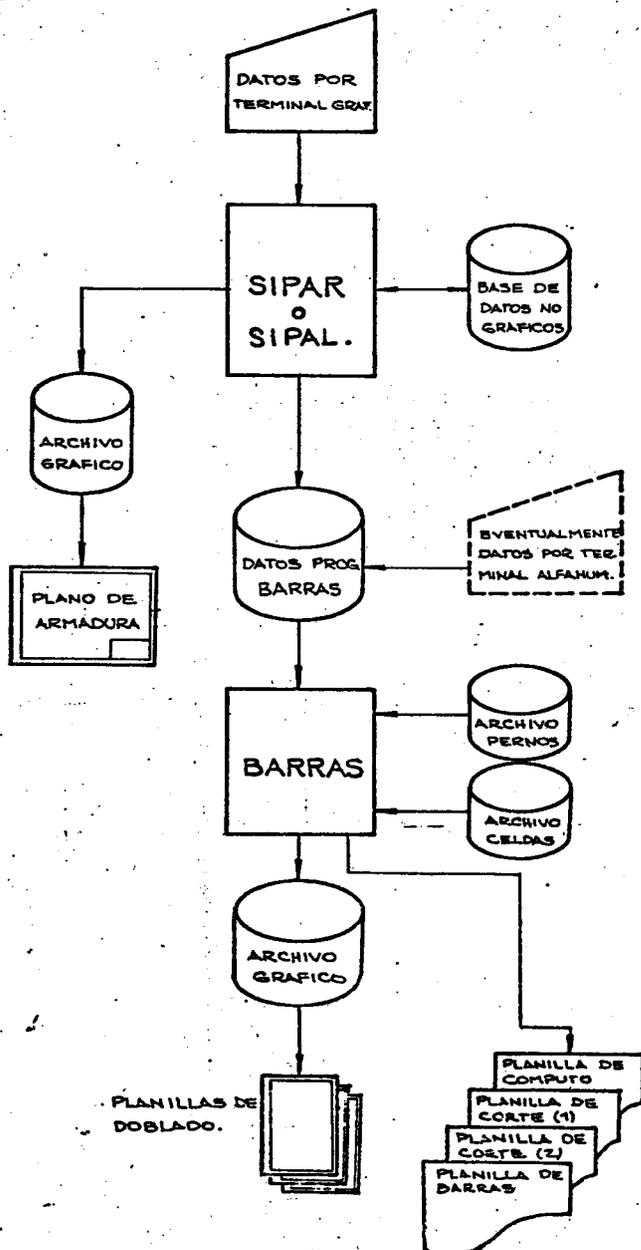


FIG. 5

Los programas que constituyen el sistema han sido codificados en lenguaje FORTRAN, los dibujos de las planillas de doblado se generan utilizando las rutinas CALEDIT y los sistemas SIPAR y SIPAL aprovechan las capacidades que brinda el sistema INTERGRAPH.

#### NORMAS UTILIZADAS

Al igual que la totalidad del proyecto, las planillas de barras deben respetar las disposiciones de Normas. Se ha incluido dentro de las opciones la elección de la Norma a cumplir y se ha implementado inicialmente la Norma alemana DIN 1045.

No obstante, se ha efectuado una estructuración flexible del programa, que permite modificar las Tablas de mandriles o pernos, según las necesidades particulares de cada proyecto así como agregar nuevos tipos y formas de anclajes extremos o barras.

Así, se puede agregar como opciones de uso las Tablas de Mandriles especificadas en otras Normas, tales como PRAEH, CEBFIP 78, ACI, etc., en la medida que no alteren fundamentalmente la estructura del programa.

#### PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Se determina la longitud exacta de corte de la barra considerando las reducciones por doblado y las longitudes de las terminaciones o ganchos, atendiendo al diámetro de la barra y los diámetros de los pernos de doblado.

Aquí se incluyó también la posibilidad de indicar diámetros de pernos de doblado para las barras, distintos (usualmente superiores) a los mínimos especificados por Norma. Se dispuso almacenar esta información en un archivo (llamado "PERNOS") para su uso en cualquier momento durante la entrada de datos.

Como a cada forma normalizada de barra corresponde un algoritmo para el cálculo de la longitud de corte, se ha buscado independizar este cálculo de las terminaciones en los extremos de la barra. Así la longitud es calculada para la barra con extremos rectos y luego, si en sus extremos (o en uno de ellos) tiene distinta terminación, se agregan los incrementos en la longitud de corte propios de cada tipo de terminación (gancho, patilla, etc.)

#### ENTRADA DE DATOS

Se planteó un lenguaje de comandos, asociando cada línea de entrada con uno de ellos (se definieron comandos para ingresar información, para elegir opciones y para desencadenar procesos). El formato es libre en cada comando, usándose blancos como separadores entre datos; resulta adecuado el uso de distintos caracteres especiales para asumir valores prefijados o para reiterar alguno o algunos de los datos de comandos previos.

#### FORMAS DE BARRAS DISPONIBLES

Se ha definido 6 tipos básicos de barras y se indica para cada forma las dimensiones necesarias a introducir en la entrada de datos. Junto con las dimensiones de la barra puede ingresarse una dimensión adicional como control de consistencia, de ser necesario. La utilización de formas normalizadas no es exclusiva de este proceso pero se presenta en él su

uso de un modo natural, desalentando el de otras formas.

Los 6 tipos de barras consideradas son:

- Barras recta (R), formadas por la combinación de distintos tramos de ángulo recto.
- Barras dobladas (D), generadas mediante tramos rectos con ángulos variables.
- Estribos (E)
- Barras curvas (C), formadas por tramos rectos y curvas circulares
- Barras definidas por coordenadas (X), con el objeto de prever cualquier tipo especial que se presente en la práctica.
- Barras tipo NN para los casos que no pueden adaptarse a ninguna de las previsiones realizadas.

En caso que por necesidad de proyecto se deba disponer de formas de barra distintas de aquellas que se ha definido, no existe impedimento alguno en agregar esas nuevas formas a la "biblioteca de barras" disponible.

#### PLANILLA DE HIERROS

La longitud de corte indicada es la que corresponde al EJE DE LA BARRA RECTA, las dimensiones se refieren a FILOS EXTERNOS y las longitudes entre MARCAS DE TIZA para el doblado indican las dimensiones que se deberá trazar sobre la BARRA RECTA para obtener la barra con la forma y dimensiones finales especificadas en la Planilla de Doblaro.

Las Planillas de Hierros están divididas en los siguientes tipos:

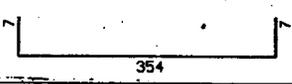
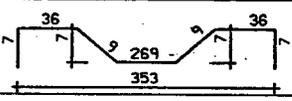
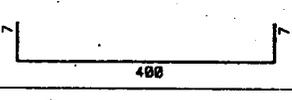
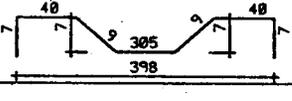
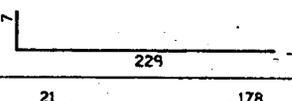
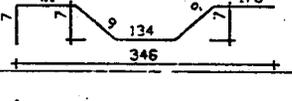
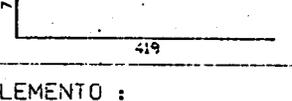
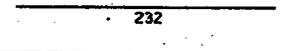
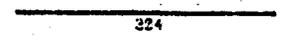
1. Planilla de Cómputo, donde se determina la longitud y peso para cada diámetro y el peso total resultante, indicando además el tipo de acero utilizado.
2. Planilla de Corte (1), donde para cada posición se indica el diámetro, la longitud de corte de cada barra y la cantidad total de las mismas a ser cortadas.
3. Planilla de Corte (2), donde se indica la combinación de posiciones para obtener el mínimo desperdicio. Adicionalmente, se da una planilla resumen por diámetro indicando la cantidad de barras necesarias, peso total y desperdicio porcentual.
4. Planillas de Doblaro, donde se indica para cada posición el diámetro de la barra, el diámetro del mandril de doblado, el tipo y esquema teórico de la barra con las dimensiones necesarias para el doblado, la cantidad y las longitudes de corte parcial y total.

En la planilla de doblado, el dibujo de la barra se realiza mediante el uso de "celdas". En el momento del dibujo es buscada la celda correspondiente a la forma de la barra y representada en la planilla. Para las barras no normalizadas se genera por programa la celda antes de su dibujo.

Para una mayor claridad de lo precedentemente expuesto se ha incluido en las páginas siguientes un ejemplo con las diversas planillas de salida.



	PLANILLA DE HIERROS		DOCUMENTO N°	11111			
	ACERO TIPO: III + OM		REVISION				
			HOJA : 2	DE : 5			

POS.	Ø mm	CANTIDAD TOTAL	LONG. CORTE N.	DIAM. MANDRIL DE DOBLADO (GANCHO DOBLADO PUNTA Y OTRAS BUCLE CURVAS ESTRIBO DE BARRAS mm)	TIPO DE BARRA Y GANCHOS	FORMA DE LA BARRA
						ELEMENTO : ENTEL CLINICAS
1	8	13	3.59	-	R3II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
2	8	13	3.62	-	D6II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
3	6	13	4.07	-	R3II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
4	6	13	4.09	-	D6II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
5	6	13	2.33	-	R2II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
6	6	13	3.54	-	D7II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
7	6	8	4.23	-	R2II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
						ELEMENTO : POS 8-10 NO EXISTE N
11	12	4	2.32	-	R1II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	
						ELEMENTO : POS 12 NO EXISTE
13	12	2	3.04	-	R1II LGI= 0 AGI= 0 LGD= 0 AGD= 0	

DDPP PPPP PROGRAMA BARRAS  
DDPP PPPP  
DDPP PPPP COMPUTO Y DIBUJO DE BARRAS PARA H. A.  
DDDD DDPP  
DDDD DDPP PLANTILLA DE COMPUTO  
DDDD DDPP

PAG. 1 DE 1

PROYECTO : CORRIDA PRUEBA  
VERSION 2

6146-CE-DH-01-0015  
6146CEPH010015

---

FI MM	LONGITUD TOTAL	PESO TOTAL	ACERO TIPO: III DM	LONGITUD EN METROS PESO EN KILOGRAMOS
4.2	0.	0.		
6	0.	0.		
8	0.	0.		
10	452.40	279.1		
12	0.	0.		
14	0.	0.		
16	0.	0.		
20	0.	0.		
25	0.	0.		
32	0.	0.		
40	0.	0.		
PESO TOTAL :		279.1 KGR		

DDPP PFFF PROGRAMA BARRAS  
DDPP PFFF COMPUTO Y DIBUJO DE BARRAS PARA H. A.  
DDDD DDPP PLANILLA DE CORTE  
DDDD DDPP  
DDDD DDPP

PAG. 1 DL 1

PROYECTO : CORRIIDA PRUEBA  
VERSION 2

6146-CI-04-01-0015  
6146CIPRO10015

-----

POSICION	FI MM	CANTIDAD	LONGITUD	ACERO TIPO: III DM	LONGITUD EN METROS
1	10	10	9.92	ELEMENTO : NUEVAS BARRAS	
2	10	10	6.98		
3	10	10	5.03		
4	10	10	3.44		
5	10	10	2.42		
6	10	10	3.34		
7	10	10	1.94		
8	10	10	2.24		
9	10	10	9.96		

DDPP PPPP PROGRAMA BARRAS  
 DDPP PPPP COMPUTO Y DIBUJO DE BARRAS PARA H. A.  
 DDDD DDPP PLANILLA DE CORTE (2)  
 DDDD DDPP  
 DDDD DDPP

PAG. 1

PROYECTO : CORRIDA PRUEBA  
 VEKSTON 2

6146-CL-III-01-0015  
 6146CEPHU10H15

PLANILLA DE  
 OPTIMIZACION

BARRA DIAMETRO  $\phi$  = 10

LONG. BARRA	CANT.	POSICION	LONGITUD POSICION	CANT.	DESPER DILIO	LONG. MIN. DE BARRA
12.00	10	9	9.94	1		
		7	1.94	1		
12.00	10	1	9.92	1	0.10	11.90
		2	6.98	1	2.08	9.92
12.00	10	4	3.41	1		
		3	5.03	2	1.61	10.39
12.00	3	6	3.34	3	1.94	10.06
		4	3.34	1	1.98	10.02
12.00	1	5	2.42	3		
		8	2.42	4	1.40	10.60
		8	2.24	1		
12.00	1	5	2.42	3	0.08	11.92
		8	2.24	2		
12.00	1	8	2.24	5	0.26	11.74
		8	2.24	5	0.60	11.20
12.00	1	8	2.24	2	7.52	4.48

DDPP PPPP PROGRAMA BARRAS  
DDPP PPPP  
DDPP PPPP COMPUTO Y DIBUJO DE BARRAS PARA H. A.  
DDDD DDPP PLANILLA DE CORTE (2)  
DDDD DDPP  
DDDD DDPP

PAG. 2

PROYECTO : CORRIIDA PRIEDA  
VERSION 2

6146-CE-DH-01-0015  
6146CEPH010015

-----  
PLANILLA DE  
OPTIMIZACION

BARRA DIAMETRO FI = 10

LONGITUD DE BARRAS	12.00 M
CANTIDAD DE BARRAS	43
LONGITUD TOTAL BARRAS	516.00 M
PESO TOTAL BARRAS	0.32 TN
LONG. TOTAL POSICIONES	452.40 M
LONG. TOTAL CORTADA	452.40 M
DESPERDICIO TOTAL	63.60 M
DESPERDICIO PORCENTUAL	12.33