

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**ACCIÓ DEL VENT SOBRE UNA ESTRUCTURA:  
ANÀLISI TEÒRIC I EXPERIMENTAL**

Departament de Mecànica de Fluids

Tesi presentada per a optar al grau de Doctor en Enginyeria

per: Enric Trillas Gay

Director de tesi: E. Egusquiza Estevez i E. Valencia Lonardo  
*Barcelona, novembre de 1997*

#### **4.3.8 Resultats obtinguts.-**

Per a la presentació dels resultats del model matemàtic s'han seleccionat una sèrie de figures (d'entre moltes altres) en les que apareixen pressions, velocitats i trajectòries en diferents plans de representació, de manera que permetin conèixer l'evolució de l'aire al voltant de la maqueta per a els dos casos que s'està estudiant.

Encara que es cert que es disposa d'un fitxer de resultats on per a cada cel·la es coneixen els valors de les variables al llarg de tota la simulació, la possible presentació numèrica en forma de llistats està fora de lloc, ja que el volum de valors fa intractable cap tipus de llistat (la grandària dels fitxer de resultats és de l'ordre de 50 Mbytes). No obstant, les gràfiques que a continuació es presenten, permeten conèixer amb claredat quina és la solució del problema en concret, l'única manera raonable és recórrer a les utilitzats que ofereix el programa FIRE.

Per a la visualització dels resultats en les figures 4.11 i 4.12 s'han utilitzat una sèrie de criteris de representació que s'han d'aclarir per una correcta interpretació dels resultats.

La velocitat es representa com un vector on la longitud d'ell mateix és proporcional al mòdul de la projecció de la velocitat en el pla de representació. Per tant, el vector defineix el mòdul direcció i sentit de la velocitat en un pla. Aquests vectors es acolorixen segons un codi de colors que representa el mòdul de la velocitat (no la seva projecció) i que apareix en cadascuna de les representacions on és utilitzat. Amb el objectiu de facilitar la comparació entre el cas radial i el frontal, s'ha utilitzat el mateix codi de colors per a totes les figures.

Les pressions es representen amb mapes d'isolínies acolorajades en funció de la pressió relativa. Els codis de colors per a la posició radial i frontal han tingut que ésser diferents en el cas de les pressions per aconseguir una correcta visualització de les mateixes.

Per últim, es mostren representacions on apareixen les trajectòries mitjanes de les partícules que passen per les cel·les marcades per l'usuari del programa. En aquest cas, s'han considerat com més il·lustratives les cel·les situades a mitja alçada de la maqueta i les situades en el pla longitudinal del túnel. El codi de colors representa el mòdul de la velocitat en cada punt de la trajectòria.

**Comentaris dels resultats.**- A continuació, es presenten els resultats més importants de la simulació fent referència a les figures de la 4.11 a la 4.18, les quals expliquen el comportament del fluid. Ja s'ha comentat en altres capítols com podia ésser el flux d'aire al voltant de l'octògon per similitud amb la geometria d'estudis realitzats amb anterioritat.

Primer es presenta el cas radial, després el frontal i finalment es comparen ambdós.

**POSICIÓ RADIAL:** El corrent lliure d'aire al trobar-se amb un obstacle es veu obligat a desviar-se els costats i a la part superior de la maqueta. Degut a aquest fet es produeixen tot una sèrie d'alteracions en el flux d'aire, que condicionen la interacció fluid-maqueta.

En la part de la maqueta que s'enfronta al corrent es produeix un punt d'estancament, es a dir, la velocitat disminueix molt produint-se una transformació d'energia cinètica en energia de pressió, que com resultat dona una zona de baixes velocitats i elevades pressions. L'aire es veu desviat cap els laterals de l'edifici. Tot això es pot veure en les figures 4.11 i 4.12.

Com a conseqüència del terra i del sostre de la maqueta el flux és tridimensional i varia al llarg de l'eix Z i es pot apreciar que en la part davantera de l'octògon les velocitats augmenten i les pressions disminueixen amb l'alçada.

En els laterals de l'edifici l'aire s'accelera produint-se les velocitats més elevades que apareixen en tot el flux. En l'aresta situada a 45° apareix un gradient de pressions advers, que segons la teoria de la capa límit va acompanyat d'un despreniment d'ella mateixa. Aquest

gradient advers canvia de signe ràpidament, al voltant dels  $65^\circ$ , que és tradueix en un reenganxament de la capa límit abans d'arribar a la següent aresta.

En l'aresta situada a  $90^\circ$  es produeix el despreniment definitiu que dona lloc al deixant en la part posterior de la maqueta. Com pot apreciar-se en les figures 4.11 el gradient de pressions advers que s'inicia en aquesta aresta ja no canvia de signe en les cares posteriors de l'octògon. Les pressions més baixes apareixen en aquesta aresta situada a  $90^\circ$  amb la direcció del corrent lliure d'aire.

L'efecte del terra i del sostre fa que en el lateral de la maqueta la velocitat del fluid tingui una petita component ascendent com pot apreciar-se en la figura 4.14 c.

També en el sostre de l'edifici es produeix un gradient de pressió advers (figura 4.12) que provoca un despreniment de la capa límit. En contra del que es podia esperar en la simulació no apareixen recirculacions en el sostre.

Els despreniments produïts en el sostre i en el lateral donen com a resultat un deixant amb recirculacions en la part posterior de l'edifici. En les figures s'aprecia que es tracta de recirculacions clarament tridimensionals amb un gran vòrtex en el pla X-Z i dos vòrtexs en el pla X-Y, un a cada costat del pla de simetria X-Z.

Una vegada més l'efecte del terra i del sostre provoca que les recirculacions siguin més grans en la base de l'edifici i més petites en les zones altes (Shioani & Iwatani [31]).

De l'integració de les pressions en la superfície de la maqueta apareix una distribució de forces resultants en el sentit positiu de les X, forces que provocaran un moment flector sobre l'edifici que s'haurà de tenir en compte a l'hora de dissenyar-lo.



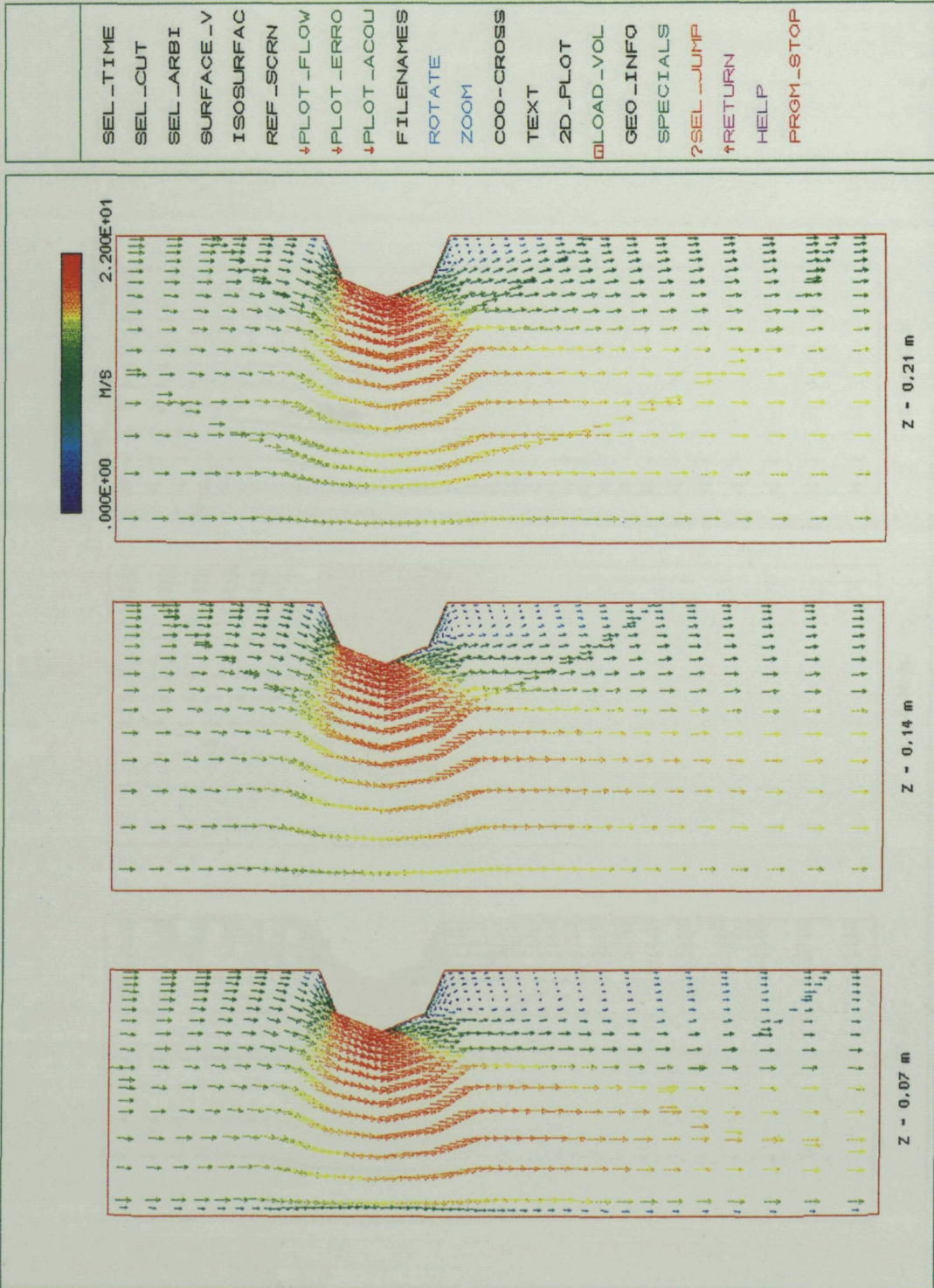
**POSICIÓ FRONTAL:** El comportament del fluid en la posició frontal, a nivell qualitatiu, és molt semblant al de la posició radial. Per això, gairebé tot el que s'ha dit anteriorment per a el cas radial és aplicable al cas frontal, exceptuant els laterals de l'edifici.

En el lateral de la maqueta per a la posició frontal es produeix un fort gradient de pressió advers als  $67,5^\circ$  però abans d'arribar a l'aresta situada a  $112,5^\circ$  el signe del gradient canvia. Això, provoca un desprendiment de la capa límit i en algunes zones de l'edifici un reenganxament de la mateixa. El desprendiment és definitiu i l'inici del deixant és molt clar, a partir de l'aresta a  $112,5^\circ$ . Les pressions més baixes apareixen en l'aresta situada a  $67,5^\circ$ , el que provoca un gradient de pressions molt fort entre els  $22,5^\circ$  i els  $67,5^\circ$ .

**Posició radial versus posició frontal.-** El cas frontal produeix una alteració del flux lliure d'aire més brusca, el que es tradueix en pressions més elevades en la zona d'estancament i velocitats també més grans al voltant de l'octògon. Tot això, produirà inevitablement una més gran empenta del fluid sobre l'edifici i per tant, a l'hora de tenir en compte l'acció del vent sobre un edifici en la fase de disseny, s'ha de considerar com a cas més desfavorable quan el corrent d'aire incideixi perpendicularment a una de les cares laterals de l'edifici.

La posició radial i la frontal són els casos límit i entre ambdós poden donar-se infinitat de posicions relatives a la direcció del vent enfront la maqueta. Aquestes posicions entremig donen lloc a un problema axisimètric en el que apareix una força resultant amb una component en la direcció Y, la qual cosa no succeeix en els casos plantejats, que es caracteritzen per una simetria respecte al pla X-Z.

En les figures 4.14 i 4.18 es veu que les recirculacions tridimensionals que es produeixen són molt diferents en ambdós casos, essent l'aspecte més caòtic en la posició frontal.



|            |           |
|------------|-----------|
| SEL_TIME   | COO-CROSS |
| SEL_CUT    | TEXT      |
| SEL_ARBI   | 2D_PLOT   |
| SURFACE_V  | LOAD_VDL  |
| ISOSURFAC  | GEO_INFO  |
| REF_SCRN   | SPECIALS  |
| ↓PLOT_FLOW | ?SEL_JUMP |
| ↓PLOT_ERRO | ↑RETURN   |
| ↓PLOT_ACOU | HELP      |
| FILENAMES  | PRGM_STOP |
| ROTATE     |           |
| ZOOM       |           |

V 5.3.d  
**FIREFE**  
 AVL - GRAZ/ALETRIA

Figura 4.11 a: Velocitats en el pla x-y. Posició radial



|       |            |
|-------|------------|
| WRONG | SEL_TIME   |
|       | SEL_CUT    |
|       | SEL_ARBI   |
|       | SURFACE_V  |
|       | ISOSURFAC  |
|       | REF_SCRN   |
|       | ↓PLOT_FLOW |
|       | ↓PLOT_ERRO |
|       | ↓PLOT_ACOU |
|       | FILENAMES  |
|       | ROTATE     |
|       | ZOOM       |
|       | COO-CROSS  |
|       | TEXT       |
|       | 2D_PLOT    |
|       | □LOAD_VOL  |
|       | GEO_INFO   |
|       | SPECIALS   |
|       | ?SEL_JUMP  |
|       | ↑RETURN    |
|       | HELP       |
|       | PRGM_STOP  |

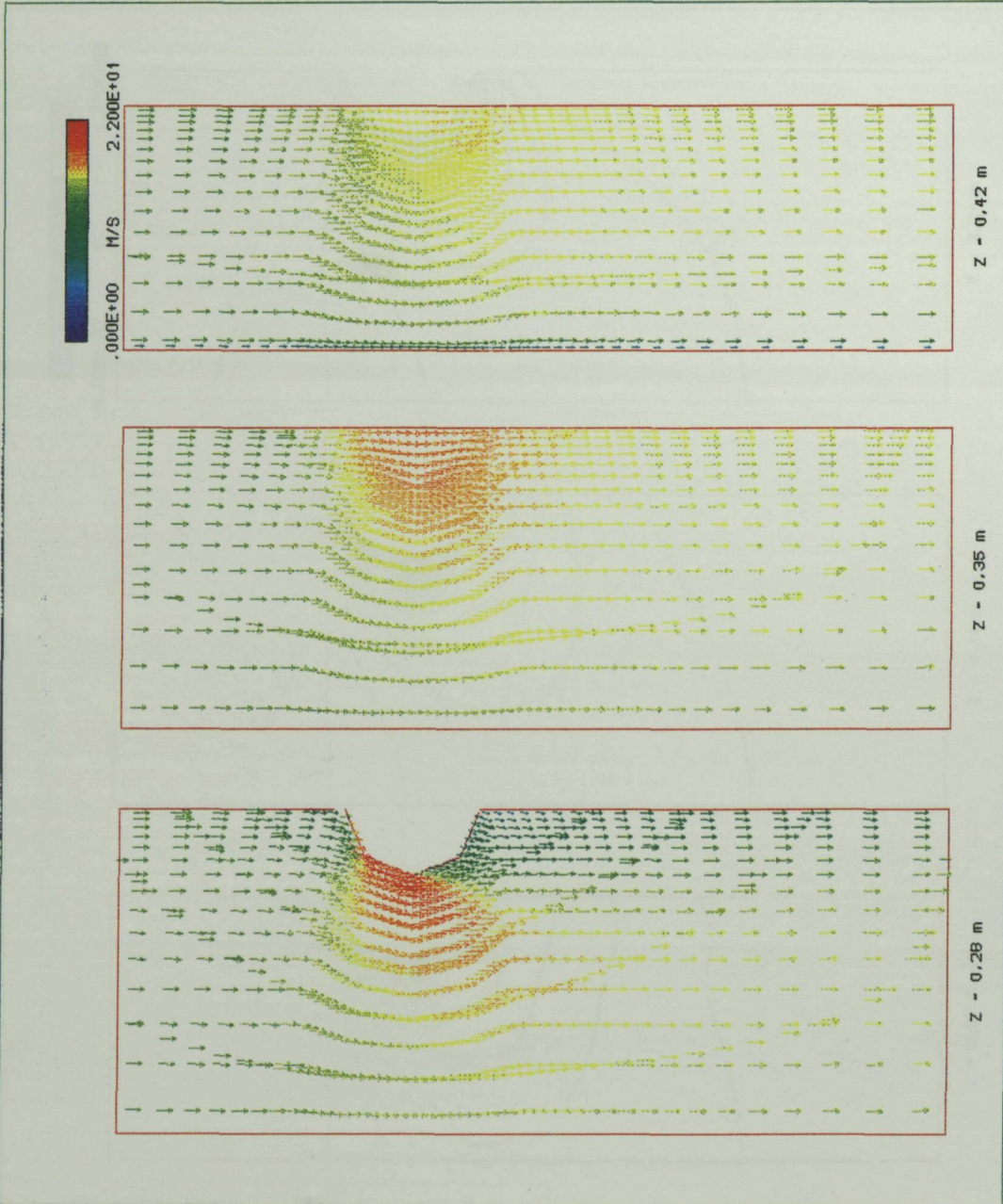


Figura 4.11 b: Velocitats en el pla x-y. Posició radial



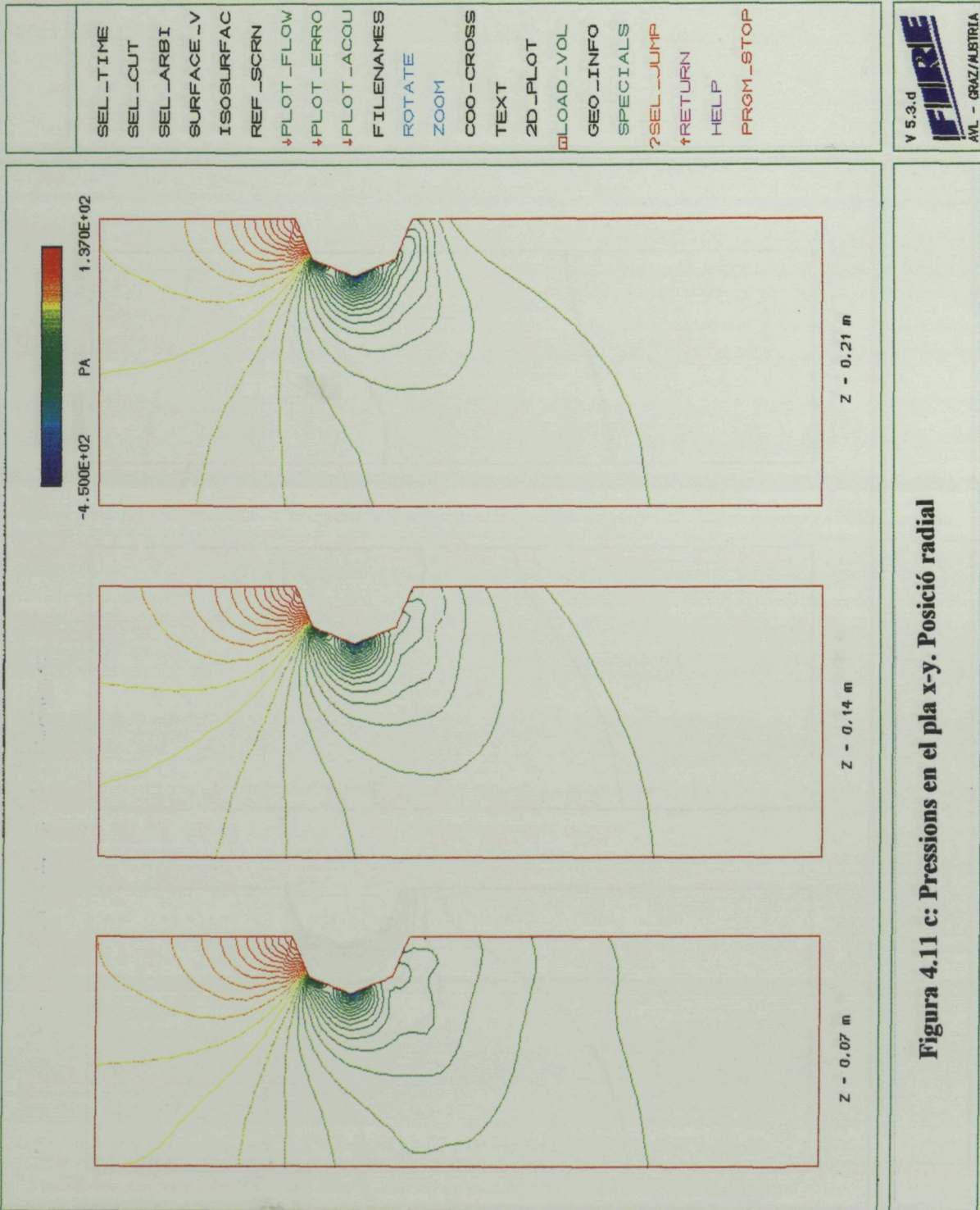


Figura 4.11 c: Pressions en el pla x-y. Posició radial



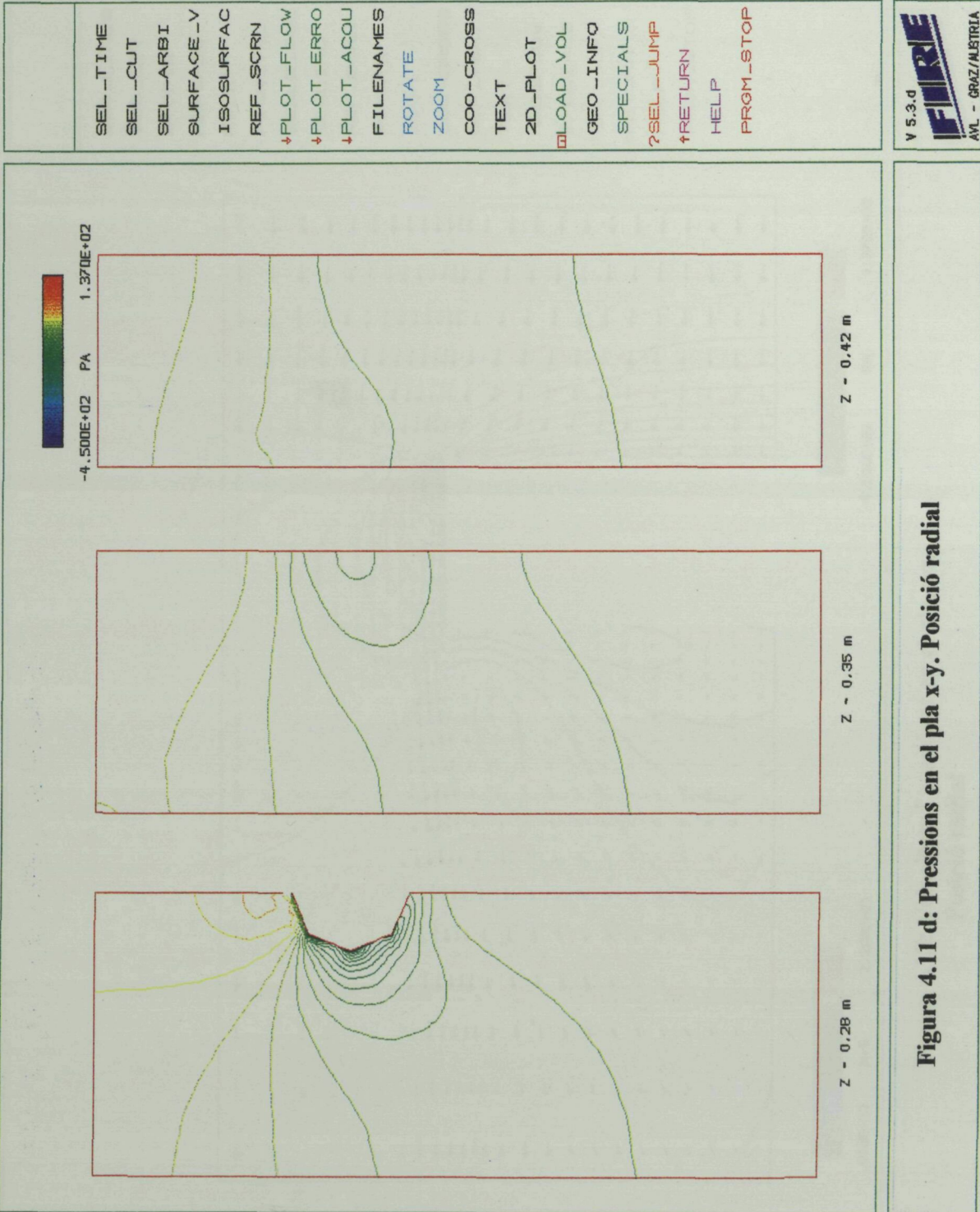


Figura 4.11 d: Pressions en el pla x-y. Posició radial



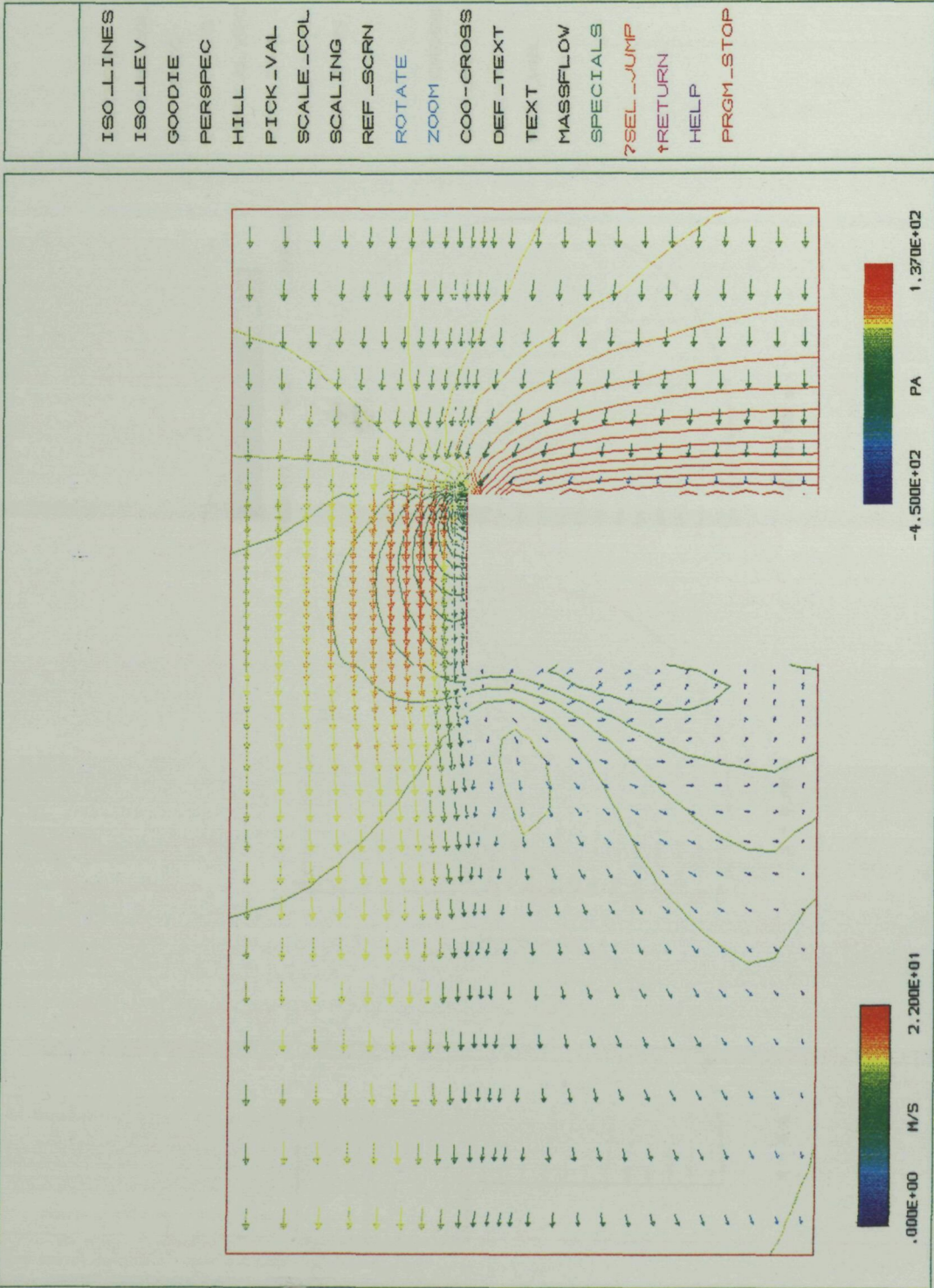


Figura 4.12: Velocitats i pressions en el pla x-z.  
Posició radial



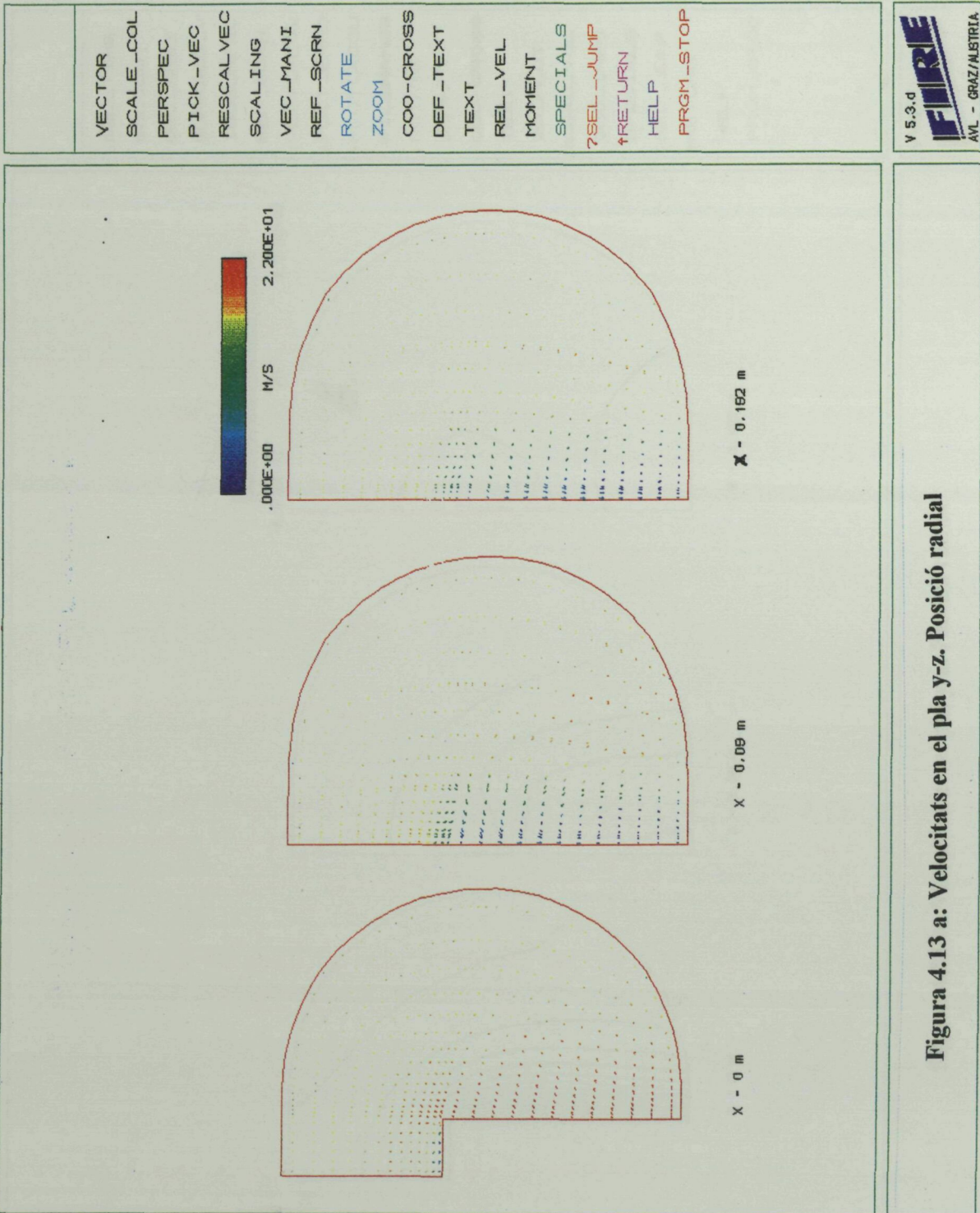


Figura 4.13 a: Velocitats en el pla y-z. Posició radial



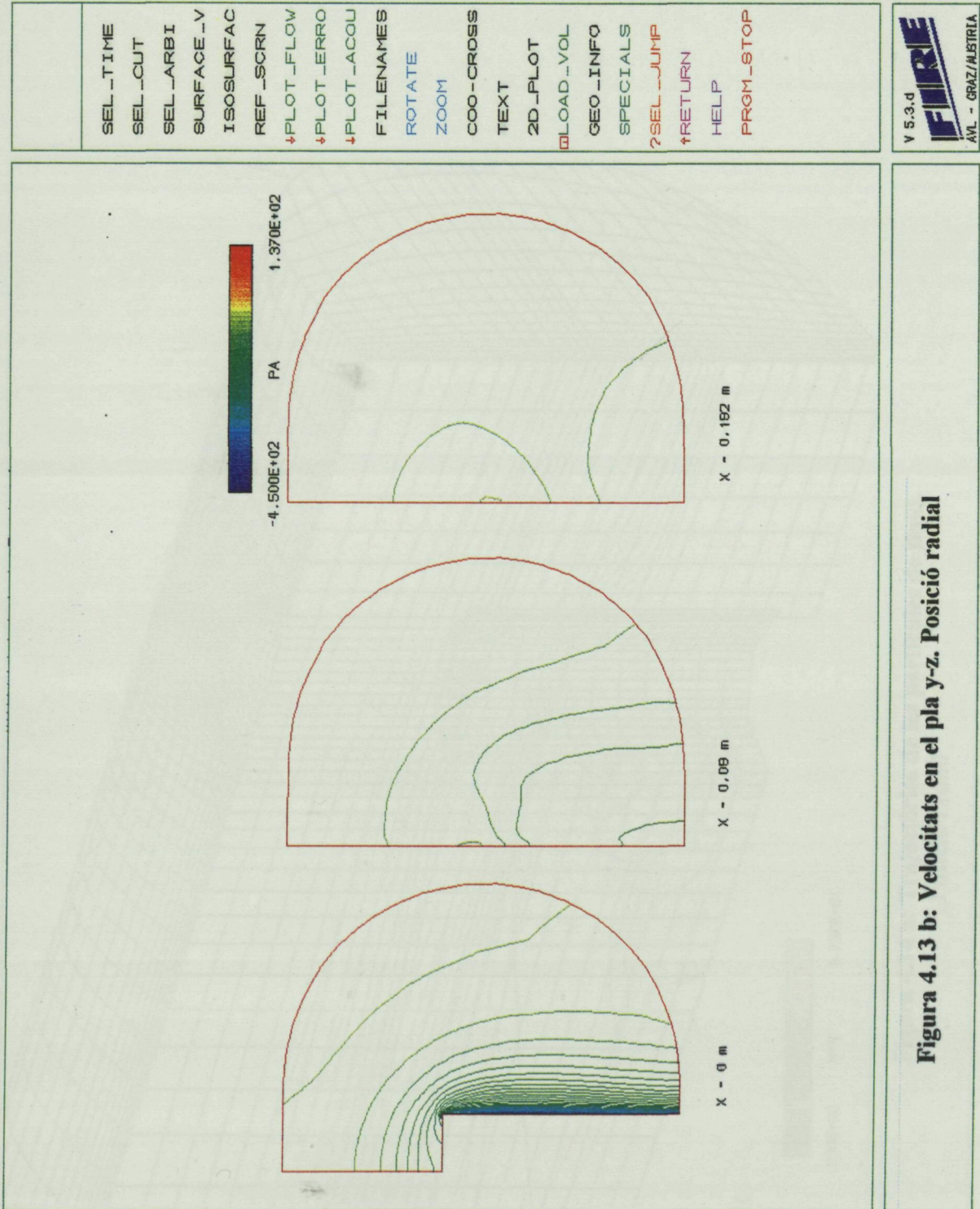
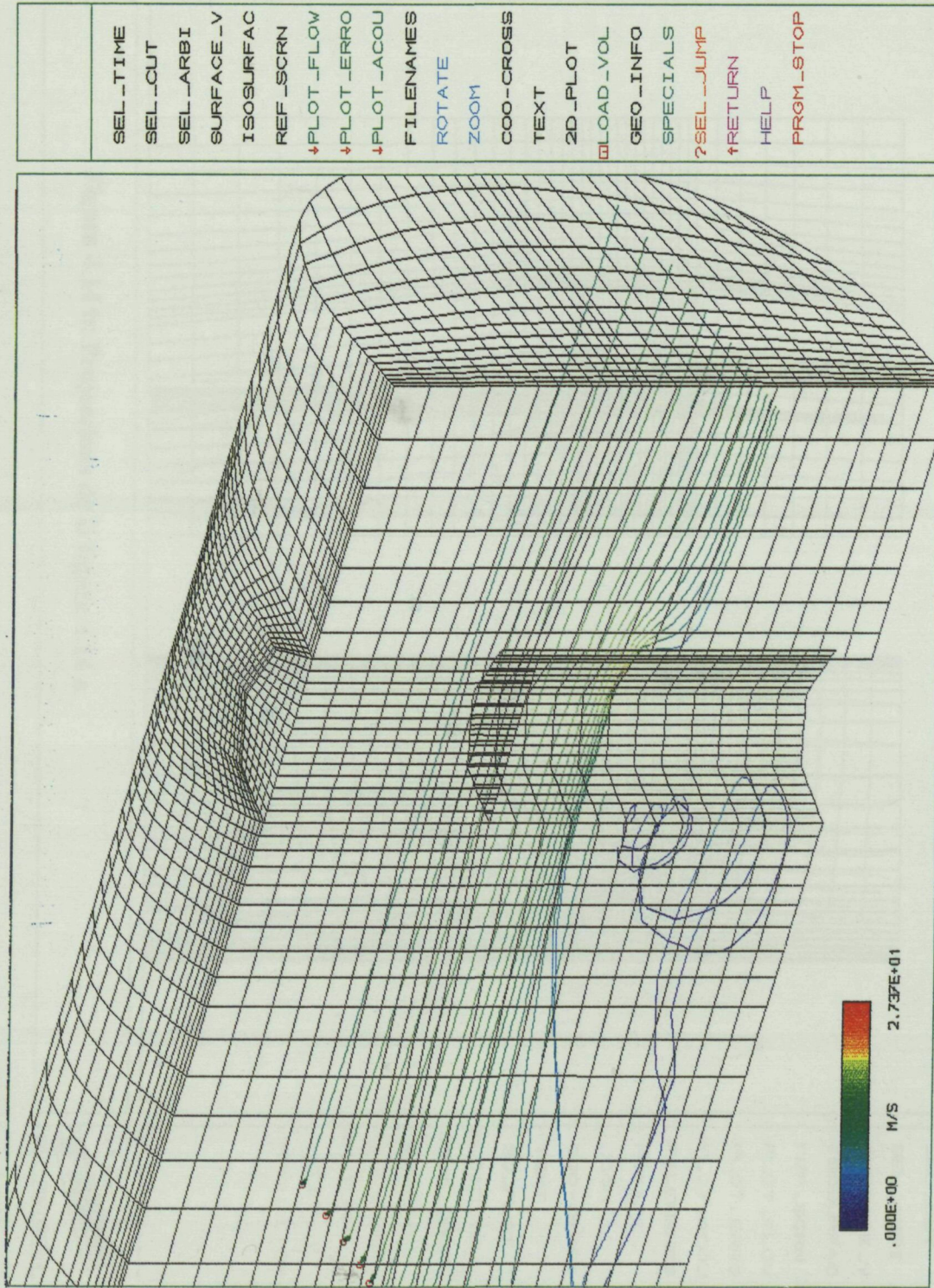


Figura 4.13 b: Velocitats en el pla y-z. Posició radial





V 5.3.d  
**FIREF**  
AVL - GRAZ/AUSTRIA

Figura 4.14 a: Trajectòries de les partícules de fluid.  
Posició radial



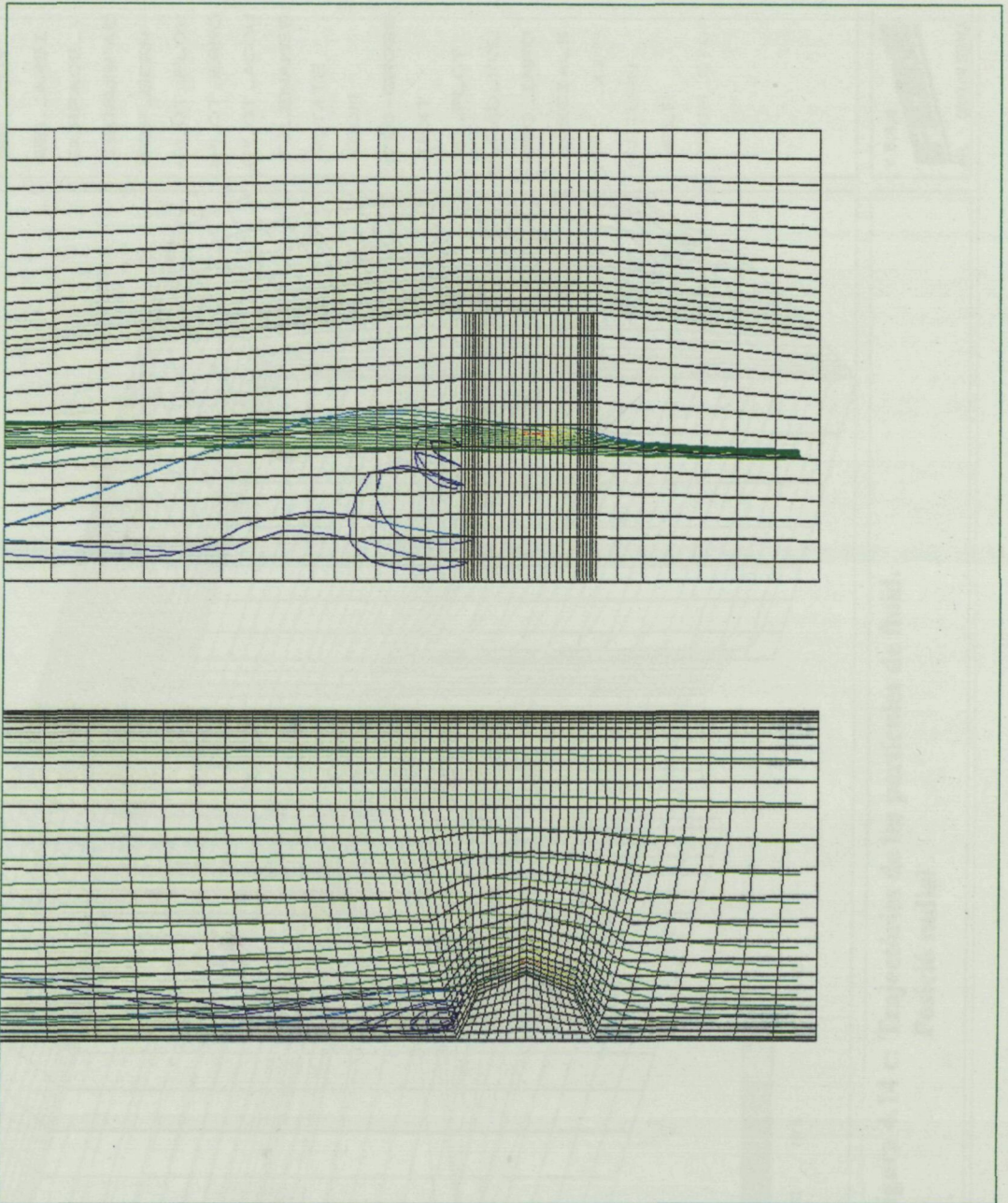
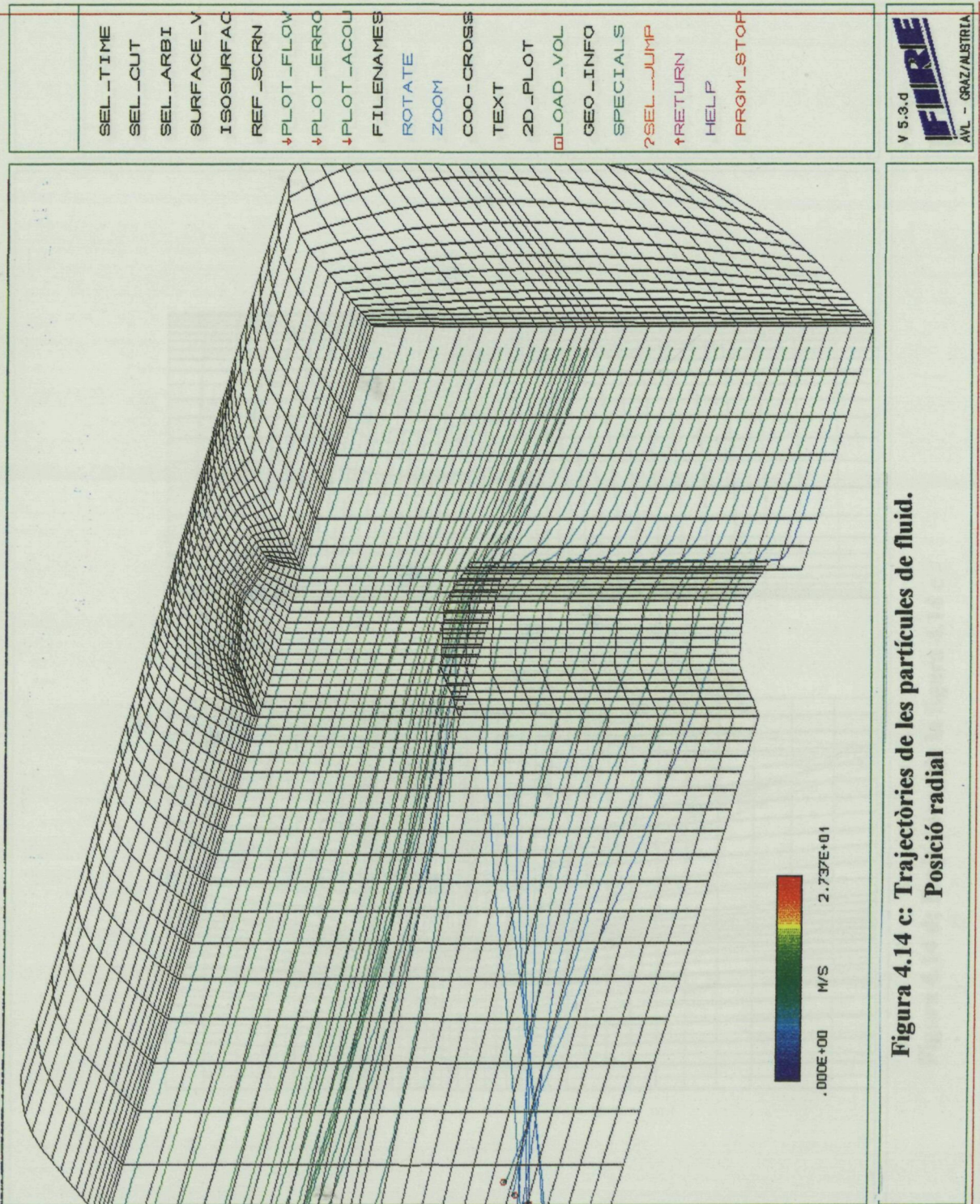


Figura 4.14 b: Projeccions de la figura 4.14 a

- SEL\_TIME
- SEL\_CUT
- SEL\_ARBI
- SURFACE\_V
- ISOSURFAC
- REF\_SCRN
- ↑PLOT\_FLOW
- ↑PLOT\_ERRO
- ↑PLOT\_ACOU
- FILENAMES
- ROTATE
- ZOOM
- COO-CROSS
- TEXT
- 2D\_PLOT
- LOAD\_VOL
- GEO\_INFO
- SPECIALS
- ?SEL\_JUMP
- ↑RETURN
- HELP
- PRGM\_STOP





- SEL\_TIME
- SEL\_CUT
- SEL\_ARBI
- SURFACE\_V
- ISOSURFAC
- REF\_SCRN
- ↓PLOT\_FLOW
- ↓PLOT\_ERRO
- ↓PLOT\_ACOU
- FILENAMES
- ROTATE
- ZOOM
- COO-CROSS
- TEXT
- 2D\_PLOT
- LOAD\_VOL
- GEO\_INFO
- SPECIALS
- ?SEL\_JUMP
- ↑RETURN
- HELP
- PRGM\_STOP

V 5.3.d  
**FIRE**  
 AVL - GRAZ/AUSTRIA

Figura 4.14 c: Trajectòries de les partícules de fluid.  
 Posició radial



SEL\_TIME  
SEL\_CUT  
SEL\_ARBI  
SURFACE\_V  
ISOSURFAC  
REF\_SCRN  
↓PLOT\_FLOW  
↓PLOT\_ERRO  
↓PLOT\_ACOU  
FILENAMES  
ROTATE  
ZOOM  
COO-CROSS  
TEXT  
2D\_PLOT  
LOAD\_VOL  
GEO\_INFC  
SPECIALS  
?SEL\_JUMP  
↑RETURN  
HELP  
PRGM\_STOP

V 5.3.d  
**FIRE**  
AVL - GRAZ/AUSTRIA

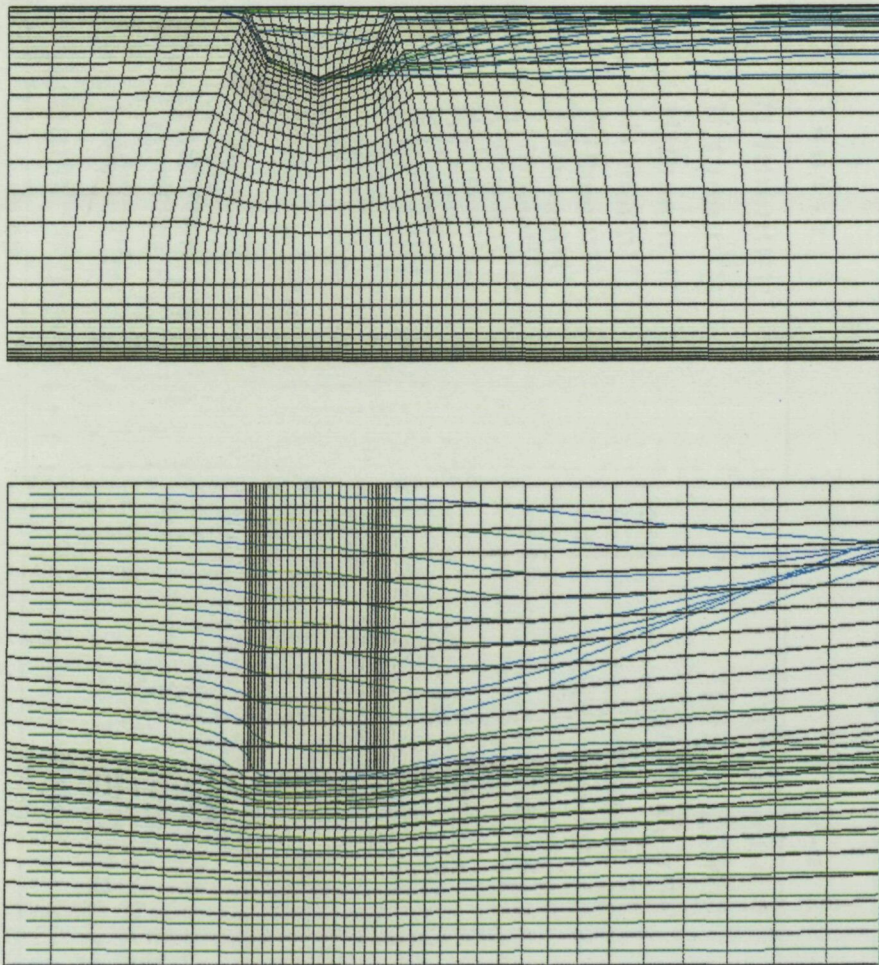


Figura 4.14 d: Projeccions de la figura 4.14 c



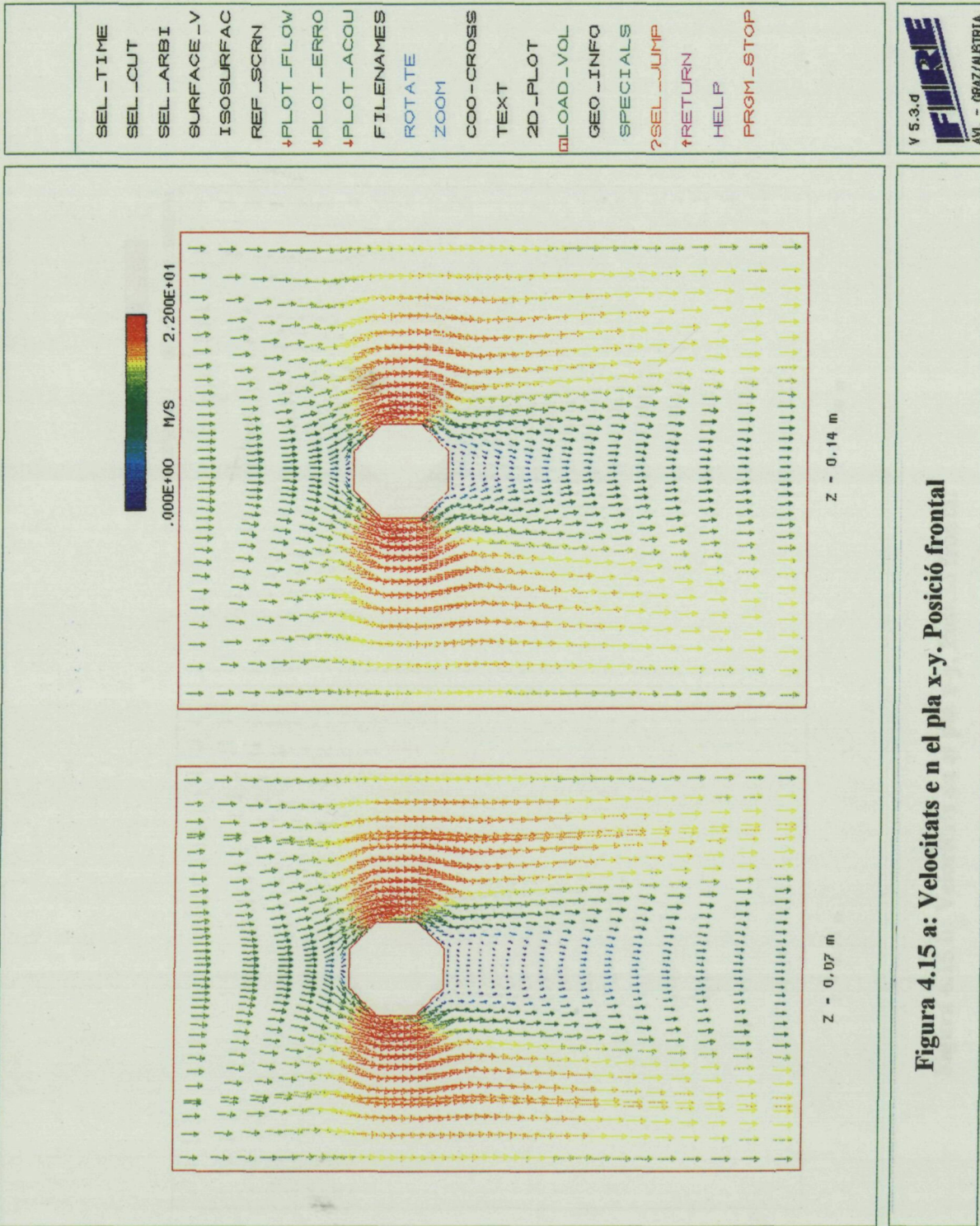
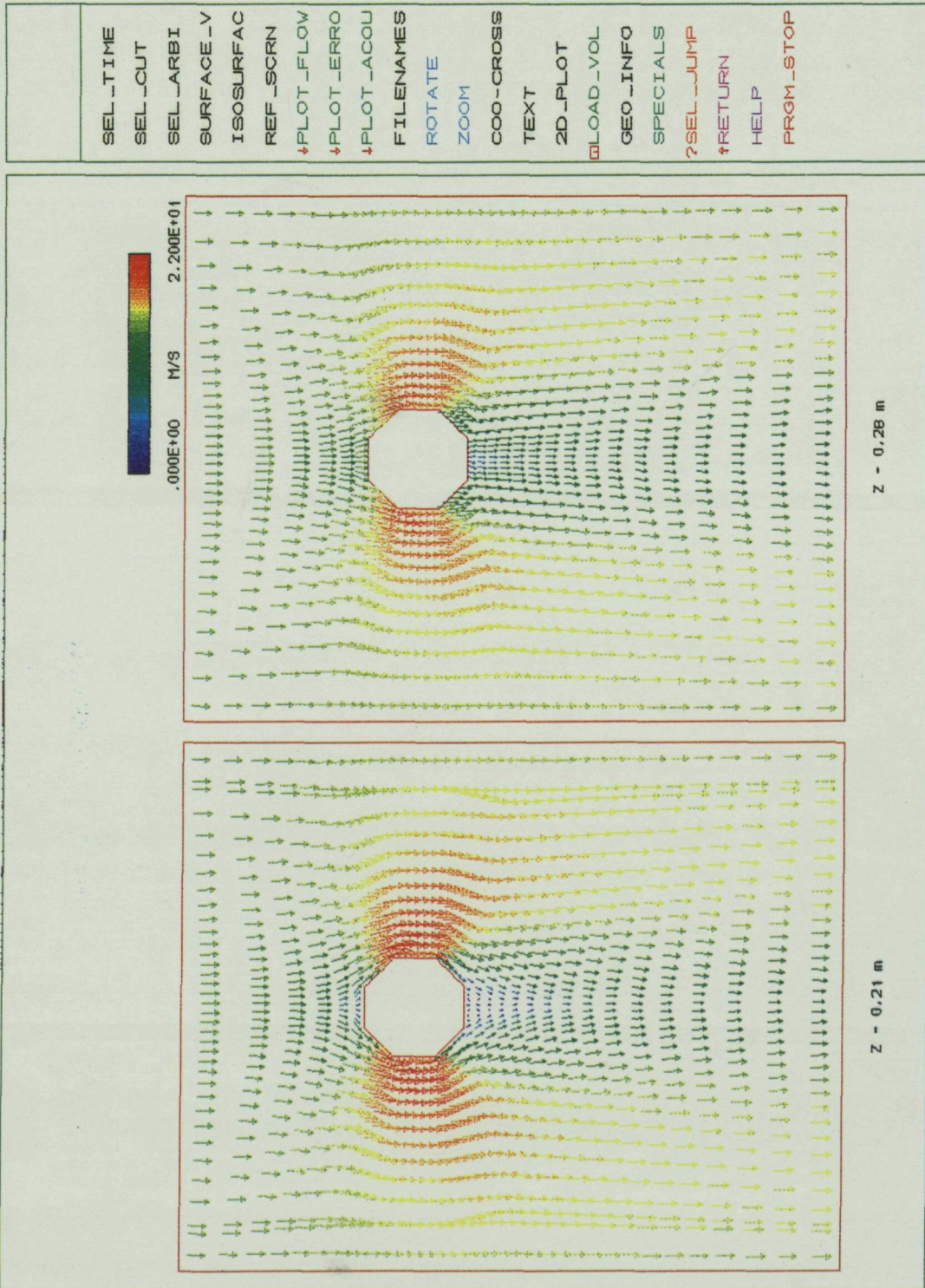


Figura 4.15 a: Velocitats e n el pla x-y. Posició frontal





- SEL \_TIME
- SEL \_CUT
- SEL \_ARBI
- SURFACE \_V
- ISOSURFAC
- REF \_SCRN
- ↓PLOT\_FLOW
- ↓PLOT\_ERRO
- ↓PLOT\_ACOU
- FILENAMES
- ROTATE
- ZOOM
- COO -CROSS
- TEXT
- 2D\_PLOT
- LOAD\_VOL
- GEO \_INFO
- SPECIALS
- ?SEL \_JUMP
- ↑RETURN
- HELP
- PRGM\_STOP

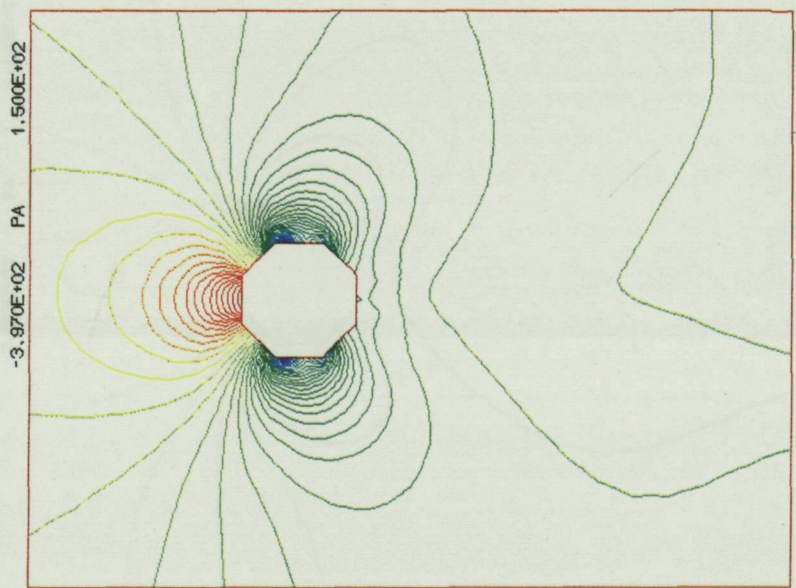
V 5.3.d  
**FLARE**  
 AVL - GRAZ/INSTITIA

Figura 4.15 b: Velocitats en el pla x-y. Posició frontal

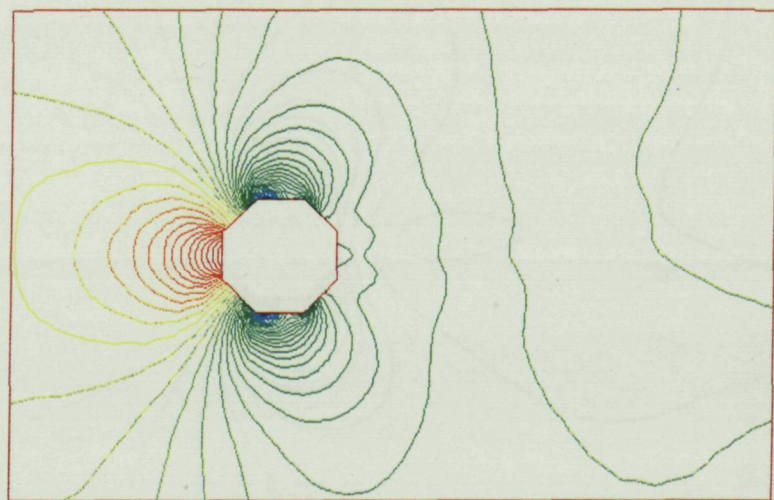




- SEL\_TIME
- SEL\_CUT
- SEL\_ARBI
- SURFACE\_V
- ISOSURFAC
- REF\_SCRN
- ↓PLOT\_FLOW
- ↓PLOT\_ERRO
- ↓PLOT\_ACOU
- FILENAMES
- ROTATE
- ZOOM
- COO-CROSS
- TEXT
- 2D\_PLOT
- LOAD\_VOL
- GEO\_INFO
- SPECIALS
- ?SEL\_JUMP
- ↑RETURN
- HELP
- PRGM\_STOP



Z - 0.14 m



Z - 0.07 m

Figura 4.15 c: Pressions en el pla x-y. Posició frontal