

**ISTITUTO NAZIONALE di FISICA NUCLEARE  
LABORATORI NAZIONALI DI FRASCATI**

---

**LNF-92/070 (NT)  
4 Settembre 1992**

A.Marini, M.Troiani:

**ORIENTAMENTO PIATTAFORMA NAUTILUS**

## **ORIENTAMENTO PIATTAFORMA NAUTILUS**

A.Marini , M.Troiani

INFN – Laboratori Nazionali di Frascati, P.O. Box 13, I-00044 Frascati (Italia)

### **INTRODUZIONE**

L'antenna gravitazionale criogenica Nautilus, installata presso i LNF, e' montata su una piattaforma rotante, al fine di permetterne un orientamento azimutale variabile.

Nel seguito vengono descritte la definizione di una retta di riferimento sulla piattaforma e la misura dell'orientazione di tale retta rispetto al Nord.

### **1. – ALLINEAMENTO PIATTAFORMA**

Sulla piattaforma rotante sono stati individuati il centro di rotazione (A) e, a partire dai disegni costruttivi, un segmento parallelo all'asse del cilindro dell'antenna; il punto mediano (B) di tale segmento ed il punto A definiscono una retta di riferimento.

Utilizzando il teodolite, tale retta e' stata marcata sul pavimento della sala sperimentale con due punti fiduciali (F1, F2) e sul bordo della piattaforma con il punto fiduciale F3.

La dislocazione dei punti fiduciali e' indicata in Fig. 1.

Un teodolite, che traguarda F1 e F2, sara' in grado di riportare la piattaforma nella posizione di riferimento quando sulla retta passante per F1 e F2 si trovera' anche il punto F3.

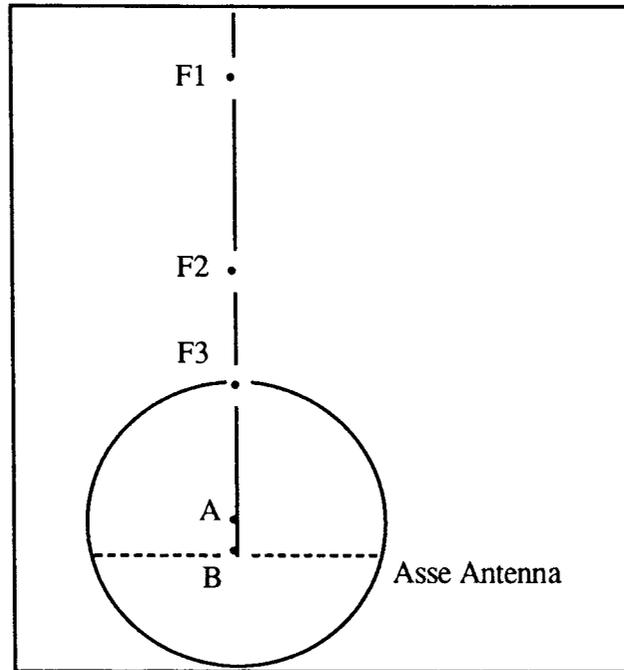


FIG. 1

## 2. - ORIENTAMENTO DELLA RETTA DI RIFERIMENTO RISPETTO AL NORD

Qualora il tempo sia conosciuto entro qualche secondo, l'azimuth (A) della linea di riferimento puo' essere individuato attraverso la determinazione dell'azimuth (Z) del sole, effettuata mediante misure simultanee dell'angolo orizzontale (O) e verticale (h) del centro del sole.

L'applicazione della seguente formula permette di determinare l'azimuth del sole:

$$\tan \frac{Z}{2} = \sqrt{\frac{\sin (s-l) \cdot \sin (s-h)}{\cos (s) \cdot \cos (s-p)}}$$

dove:

$$s = ( l + h + p );$$

l = latitudine;

p = distanza polare  
(90°-declinazione).

L'azimuth della linea (Fig. 2) sara' dato da:

$$A = Z - O$$

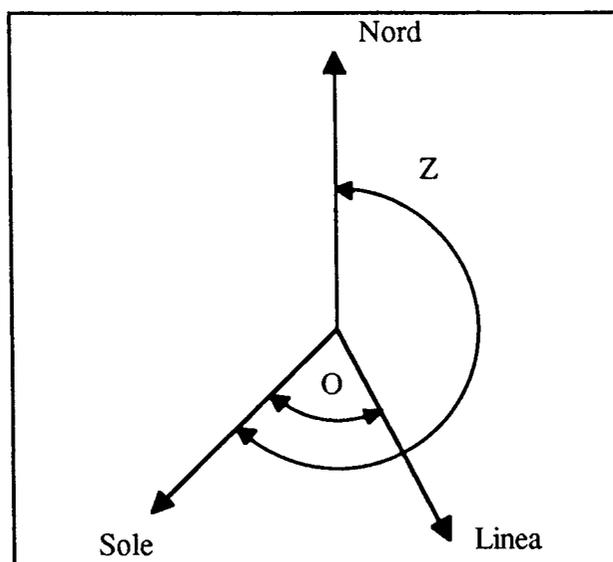


FIG. 2

### 2.1. – Determinazione coordinate geografiche ed elevazione

Tale misura e' stata effettuata con uno strumento GPS (Global Positioning System) che, sfruttando una rete di satelliti (16), e' in grado di determinare tempo (accuratezza 1 s), latitudine e longitudine (accuratezza 10 m ), ed elevazione.

Le coordinate del punto di stazione ottenute con 5 satelliti sopra l'orizzonte sono:

Latitudine	41° 49' 26.2" Nord
Longitudine	12° 40' 21.1" Est
Elevazione	120 m

### 2.2. – Determinazione angoli solari orizzontale e verticale

Il teodolite (precisione nominale 2") e' stato posizionato su un punto della retta di riferimento esterno al capannone ed e' stata azzerata la scala orizzontale.

Sono state effettuate 8 misure simultanee di tempo, angolo orizzontale ed angolo verticale con il telescopio puntato direttamente verso il sole ed 8 misure simultanee con il telescopio inverso (rotazione di 180° dell'asse orizzontale e verticale del telescopio) ai fini della correzione di effetti sistematici dovuti ad una possibile non planarita' dello strumento.

Il metodo di puntamento utilizzato consiste nel focalizzare l'immagine del sole su un cartoncino; il tempo della misura coincide con l'istante in cui il lembo superiore del sole e' tangente al reticolo di puntamento (Fig. 3).

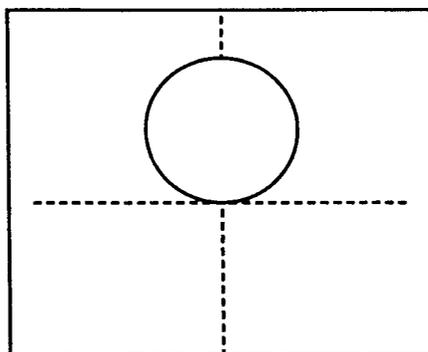


FIG.3

In questo istante sono state effettuate le letture degli angoli orizzontali e verticali. La seguente tabella mostra le misure effettuate (Lo zero per gli angoli verticali e' sulla verticale).

Num.	Telesc.	Tempo(LCT)	Orizzontale	Verticale
1	Diretto	17 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup>	131°20'40"	58°44'55"
2	Diretto	17 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup>	131°39'26"	59°04'38"
3	Diretto	17 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup>	131°55'09"	59°25'18"
4	Diretto	17 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup>	132°19'59"	59°51'06"
5	Diretto	17 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup>	132°37'01"	60°11'20"
6	Diretto	17 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup>	132°48'20"	60°27'34"
7	Diretto	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup>	133°07'13"	60°49'18"
8	Diretto	17 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>	133°19'37"	61°03'57"
9	Inverso	18 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup>	313°44'45"	298°25'01"
10	Inverso	18 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup>	313°58'13"	298°10'30"
11	Inverso	18 <sup>h</sup> 03 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup>	314°09'34"	297°56'47"
12	Inverso	18 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup>	314°21'12"	297°43'33"
13	Inverso	18 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup>	314°32'52"	297°28'38"
14	Inverso	18 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup>	314°42'48"	297°16'27"
15	Inverso	18 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup>	314°51'04"	297°06'13"
16	Inverso	18 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup>	314°58'58"	296°57'05"

La qualita' delle misure angolari e' stata valutata mediante fits del tipo:

$$O = a_o \cdot t + b_o$$

$$h = a_h \cdot t + b_h$$

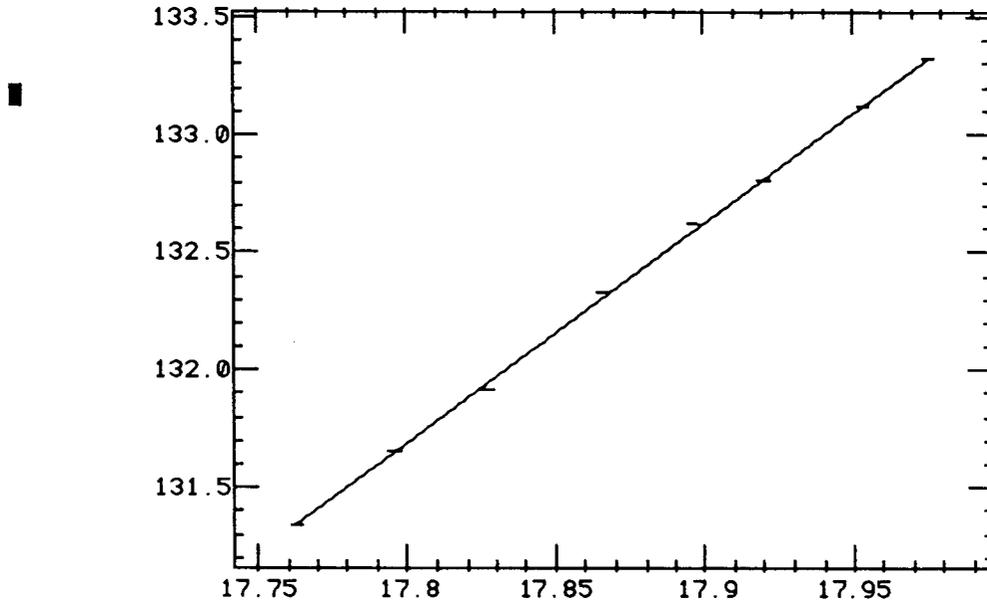
La Fig. 4 mostra il risultato di tali fits per l'insieme delle misure con il telescopio diretto e la Fig. 5 quello per l'insieme delle misure con il telescopio inverso.

Nell' analisi successiva sono state scartate le misure numero 2,3,4,9,12 in quanto i residui nel caso del fit per l'angolo orizzontale sono eccessivi. Inoltre l'errore nominale di lettura di 2"

sulle misure angolari e' stato incrementato a 10" come conseguenza della indeterminazione che si ha nell'individuare il punto di tangenza al reticolo nel puntamento solare.

Plot 3 done.

### Horizontal D



Plot 4 done.

### Vertical D

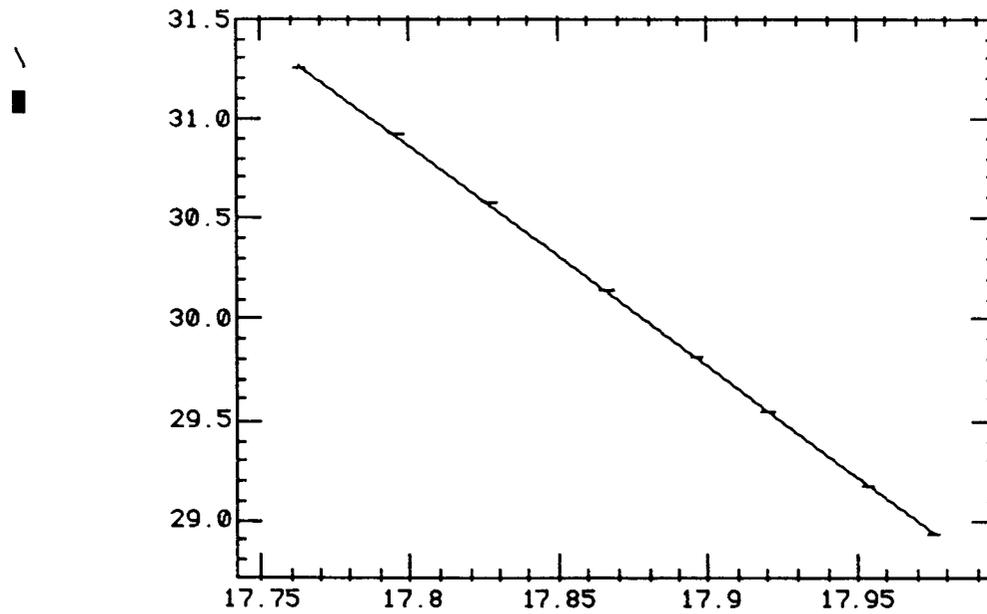
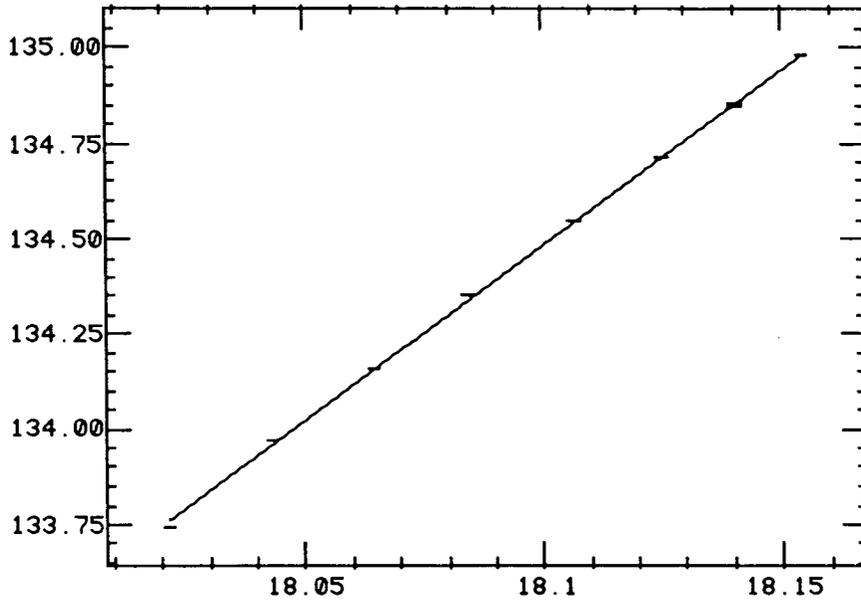


FIG.4

Plot b done.

### Horizontal R



Plot b done.

### Vertical R

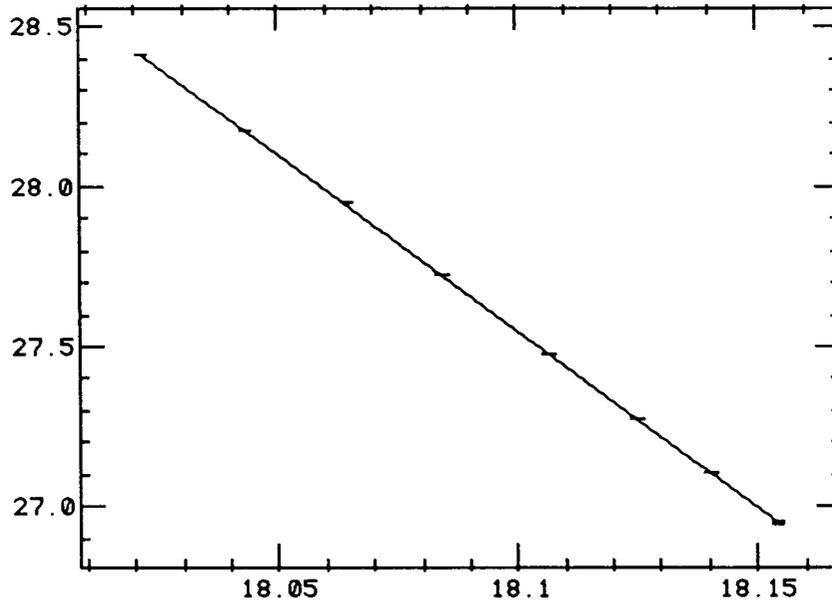


FIG.5

La correzione di eventuali effetti sistematici dovuti alla non perfetta planarita' del teodolite e' stata effettuata considerando la differenza fra i punti estrapolati dai fit con telescopio diretto

ed inverso in un istante intermedio dell'osservazione. Tutte le misure angolari con telescopio diretto sono state incrementate di un valore uguale alla meta' delle differenze, mentre quelle con telescopio inverso sono state decrementate di un pari valore.

Gli incrementi applicati sono i seguenti:

$$\begin{aligned}\Delta O &= -18'' \\ \Delta h &= +25''\end{aligned}$$

A questo punto e' stato effettuato un fit finale considerando insieme le misure effettuate con telescopio diretto ed inverso. La Fig. 6, unitamente alla seguente tabella, mostra i risultati del fit.

$a_0$ (°/h)	$b_0$ (°)	$\chi^2/\text{DOF}$	$a_h$ (°/h)	$b_h$ (°)	$\chi^2/\text{DOF}$
9.270178	-33.309404	6.7	-10.994991	226.566224	10.1

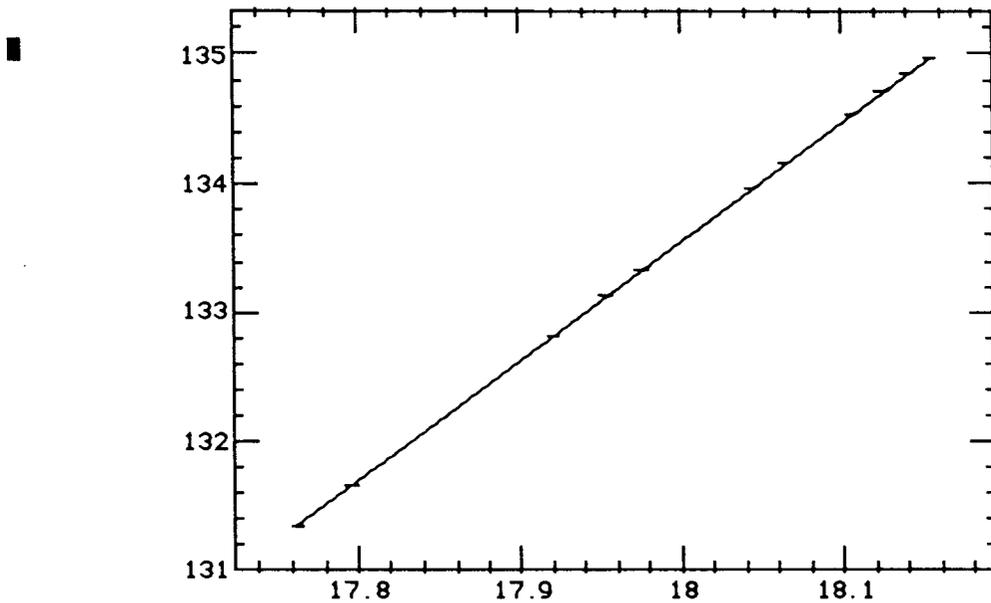
A partire dai precedenti coefficienti e dalle matrici di covarianza dei fit e' possibile ricavare gli angoli orizzontale e verticale all'istante medio di osservazione e relativi errori:

Data di osservazione	23 giugno 1992
Istante medio di osservazione (LCT)	17 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>
Angolo orizzontale all'istante medio con centro sole (O)	133°10'12"± 8"
Angolo verticale all'istante medio	29°6'41"± 9"

L'angolo verticale deve essere ancora corretto con parametri solari e terrestri.

Plot 1 done.

### Horizontal D+R



Plot 2 done.

### Vertical D+R

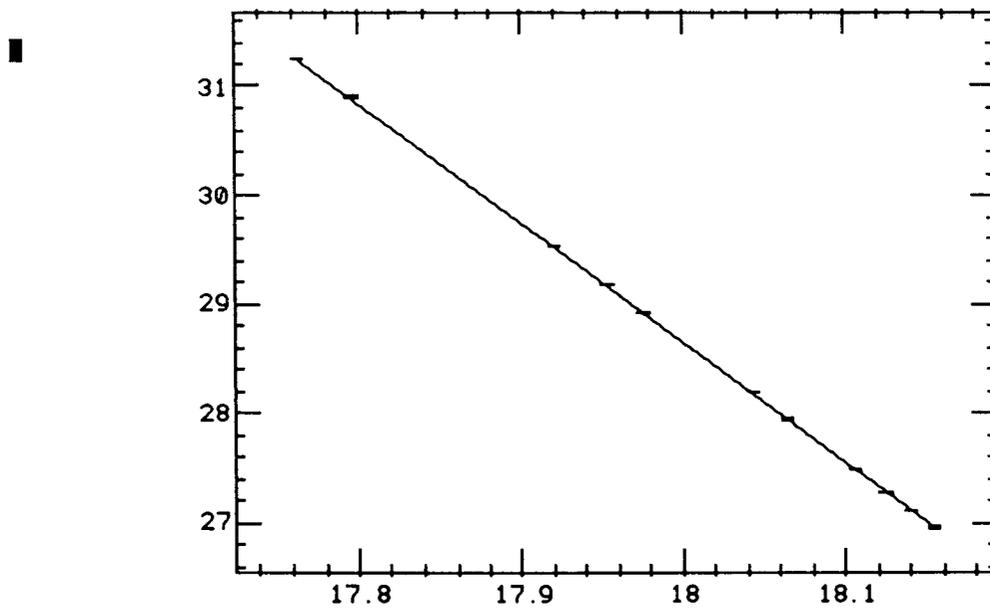


FIG. 6

### 2.3 – Parametri solari all'istante medio di osservazione

I parametri del sole, rilevanti ai fini della misura, sono ricavati dalle effemeridi all'istante di osservazione medio e sono mostrati nella seguente tabella.

Istante di osservazione medio (UT)	23 giugno 1992 15 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup>
Declinazione apparente	23°25'3"
Semidiametro	15'44"
Parallasse	9"

### 2.4 – Parametri terrestri per la correzione dell'angolo verticale

Il parametro fondamentale e' la rifrazione che si riflette in un aumento apparente dell'altitudine. La rifrazione media, ottenuta da valori tabulari, deve essere ulteriormente corretta per fattori legati all'elevazione ed alla temperatura.

Rifrazione media a 29° di angolo verticale	1'44"
Correzione per elevazione (120m)	x 1
Correzione per temperatura (28°C)	x 0.94
Rifrazione media corretta	1'38"

### 2.5 – Correzioni all'angolo verticale

La seguente tabella mostra la sequenza di correzioni apportate all'angolo verticale.

Angolo verticale all'istante medio	29°6'41"
Correzione per rifrazione	- 1'38"
Correzione per parallasse	+ 9"
Correzione per semidiametro	- 15' 44"
Angolo verticale all'istante medio con centro sole (h)	28°49'28"

## 2.6 – Azimuth linea di riferimento

Dall'applicazione della formula del § 2 si ottiene per l'azimuth del sole all'istante medio di osservazione (verso orario a partire dal Nord):

$$Z = 276^{\circ} 40' 42''$$

e quindi per l'azimuth della linea (verso orario a partire dal Nord):

$$A = 143^{\circ} 30' 29''$$

L'orientazione della linea di riferimento e' dal punto di stazione del teodolite verso il centro della piattaforma (cfr. Fig.7).

L'errore su A puo' essere valutato in  $30'',45''$ .

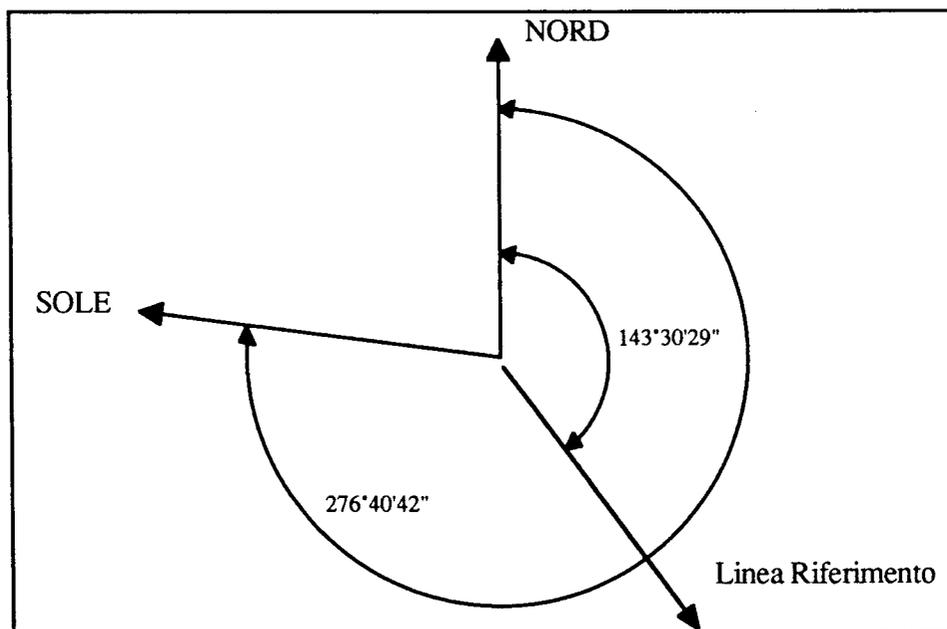


FIG.7