

## I terremoti del 1961-62 in Colombia

ALDO BRUSCHI

Ricevuto il 22 Dicembre 1962

Nel breve giro di poco più di sei mesi due terremoti colpirono alcuni dipartimenti, gli stessi tutte e due le volte, della Repubblica di Colombia, determinando ogni volta un numero di vittime superiore a quello che ci si poteva attendere dal valore non molto grande della intensità con la quale fu sentito nelle varie località colpite.

Furono colpiti specialmente i due dipartimenti di Antioquia (cap. Medellin) e Caldas (cap. Manizales).

Il primo terremoto si verificò alle ore (locali) 8h 25' 34" del giorno 20 Dicembre 1961. L'istituto geofisico delle Ande Colombiane annesso alla Pontificia Università Javeriana di Bogotá ne determinò la magnitudo in 6,5 della Scala Richter e indicò che nelle località più colpite l'intensità aveva raggiunto il grado 8 della Scala Mercalli Modificata. L'epicentro risultò nelle prossimità di Belalcázar, villaggio dell'Ovest del dipartimento di Caldas (Fig. 2).

Il secondo terremoto si verificò alle ore (locali) 15h 19' 11" del 31 Luglio 1962.

L'epicentro fu questa volta sulle falde del Cerro Torrà in grande prossimità dell'epicentro del sismo di Dicembre. La magnitudo fu 7,5 della Scala Richter e l'intensità nelle località più danneggiate poté stimarsi tra i gradi 9 e 10 della Scala Mercalli Modificata.

È da ricordare che in epoche recenti sono stati registrati numerosi epicentri nelle immediate prossimità dei due precedenti. Tra i più importanti sono da ricordare (\*) quelli dei terremoti che si verificarono il 4 Feb-

---

(\*) Banco della Repubblica Colombiana. Dipartimento di Ricerche economiche « Atlas de Economía Colombiana » Cartogramma N. 9 a cura dell'Instituto Geográfico de Colombia e dell'Instituto Geofísico de Los Andes Colombianos. Bogotá, Gennaio 1959.

braio del 1938, il 12 Gennaio del 1956 ed il 2 Agosto del 1956, il primo dei quali fu particolarmente distruttivo.

In occasione dei terremoti del Dicembre 1961 e del Luglio 1962 la Facoltà di Ingegneria della Università Nazionale del Cuyo (Rep. Argentina) con l'appoggio del « Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas » (Consiglio Nazionale delle Ricerche Scientifiche e Tecniche), invitò lo scrivente a percorrere le zone colpite dai terremoti, considerandosi che, nei riguardi del progresso della edilizia antisismica, agli studi di carattere teorico e sperimentale (che si svolgono nell'Istituto de Investigaciones Antisísmicas della facoltà citata) giova affiancare l'osservazione dei danni prodotti sugli edifici dal terremoto.

Le osservazioni compiute in occasione del primo viaggio (Gennaio 1962) furono già esposte in altra sede (\*).

Qui mi limiterò alle osservazioni fatte nel secondo viaggio (Settembre 1962) riferendomi incidentalmente anche alle osservazioni svolte nell'esame dei danni del primo terremoto, solamente per quegli edifici sui quali ai danni del primo si aggiunsero i danni del terremoto di fine Luglio.

Il programma della visita fu desunto dall'esame delle segnalazioni di danni fatte dalla stampa quotidiana locale nei tre o quattro giorni immediatamente seguenti al 31 Luglio. Sembrò opportuno così visitare le città di Cali, Pereira, Manizales, Mesopotamia e Sonsón. Qui di seguito si riassumono le osservazioni che nelle distinte località furono fatte nell'esame di quegli edifici che sopportarono danni più significativi all'effetto della esperienza dell'ingegneria antisismica.

*Cali.* (693.000 ab. Capitale del Dipartimento « Valle » sulla costa del Pacifico). — Una minuziosa osservazione degli edifici di Cali, distribuiti su una vasta superficie e costruiti con i materiali più diversi, dall'« adobe », mattone di fango seccato al sole, impiegato nelle case con solo piano terreno di tipo locale, al cemento armato impiegato in moderni edifici di numerosi piani, non permette rilevare la più piccola lesione attribuibile al terremoto del 31 Luglio. Pertanto si può affermare che l'intensità del sismo dovette essere in Cali non maggiore del grado V della Scala M.M. dal momento che murature povere, quali quelle di adobe, cominciano a lesionarsi per una intensità eguale al grado VI. È sufficiente questa osser-

---

(\*) ALDO BRUSCHI, *Breves consideraciones sobre los danos producidos por el terremoto del 20 de Diciembre de 1961 en Colombia*. Primeras jornadas Argentinas de Ingeniería Antisísmica. San Juan (Rep. Argentina) Aprile 1962.

vazione previa per far intuire che nel solo edificio di Cali danneggiato che fu quello della Chiesa del Soccorso Perpetuo, dove si lamentarono sei vittime mortali, dovevano esistere gravi difetti di progetto e di costruzione. Questo è confermato dall'esame dell'edificio quale si presentava immediatamente dopo il terremoto (Figg. 3 e 4). La copertura della Chiesa, oggi tornata allo stato primitivo, è formata da leggere capriate reticolari metalliche ad arco che portano all'estradosso lastre di fibrocemento ed all'intradosso il soffitto formato da fogli di compensato. Dei due muri che costituiscono l'appoggio della capriate uno è confinante con l'attiguo Collegio dei Padri Claretiani (a sinistra nella Fig. 3 ed a destra nella Fig. 4). L'edificio del collegio ha una struttura resistente in c.a. esternamente alla quale era addossata una esile parete di mattoni pressati a macchina, costituente fronte visto. Questa parete né era armata né aveva ancoraggi con la struttura resistente ed è stata la prima a rovesciarsi sulla copertura della chiesa sfondandola (falla a sinistra nella Fig. 3). Pochi secondi dopo si rovesciava sulla copertura il muro d'attico che si sopraelevava sopra gli appoggi delle capriate sul muro verso strada, parallelo al primo.

Questo attico non aveva la minor intelaiatura in cemento armato né era ancorato alla muratura sottostante. La copertura fu sfondata per tutta la lunghezza della navata (falla a destra nella Fig. 3).

Non consta che nella ricostruzione già avvenuta non siano stati ripetuti i difetti originari.

*Pereira.* (183.000 abit. dip. di Caldas). — Considerevoli sono i danni che si sono verificati in questa città che è situata a meno di 50 km a ENE dalla località dove si è verificato l'epicentro.

I gravi danni che si sono verificati in strutture in cemento armato (non progettate per la resistenza a forze laterali) permettono di classificare l'intensità compresa tra i gradi IX e X della scala M.M.

L'edificio più danneggiato ed il cui crollo ha determinato il maggior numero di vittime è stato quello adibito alla fabbrica di camice « Don Felix ». Era un edificio di quattro piani compreso il piano terreno, la cui struttura portante era costituita da colonne e solette in cemento armato, e la cui copertura era formata da incavallature in ferro reggenti lamiere ondulate zincate. I tre piani superiori sono totalmente crollati sopra il piano terreno la cui soletta ha resistito al crollo di quelle superiori (Fig. 5). È difficile arguire, a macerie rimosse, quali sono stati gli elementi strutturali che hanno ceduto per primi determinando il crollo totale. Forse dallo stato in cui erano dopo il crollo le colonne del 3° piano, rimaste

appese al solaio coprente il 3° piano (Fig. 6) si potrebbe dedurre la scarsa resistenza ai momenti flettenti nelle sezioni di estremità delle colonne e che il collasso abbia raggiunto aspetti così spettacolari anche per un deficiente, quasi nullo, ancoraggio delle armature delle colonne.

Le lesioni che appaiono negli elementi rimasti in sito del primo piano terreno, (Fig. 7) possono con sufficiente sicurezza attribuirsi, per quelle che appaiono nelle colonne, principalmente ai momenti flettenti indotti dalla scossa ondulatoria e per quelle che appaiono nelle travi, principalmente alle sollecitazioni prodotte dal crollo.

Danni pure gravi, fortunatamente senza che si siano verificate vittime, ha sopportato la Chiesa di San José, non ancora terminata di costruire. La struttura portante è a portali con membrature rettilinee. Gli archi ogivali ricavati nei pannelli in muratura non hanno alcuna funzione statica (Fig. 8).

Già il primo terremoto, quello del Dicembre 1961, dette un avvertimento sopra la gravità di trascurare in zona sismica l'azione delle forze orizzontali. Difatti proseguendo i lavori dopo che fu scattata la foto della figura precedente, sul plinto che si vede sulla sommità del frontone Sud (Fig. 8) fu collocata una statua di cemento di San José, dell'altezza di m 3,80 (Fig. 9). Per effetto del terremoto del 20 Dicembre 1961, la statua cadde dal plinto al quale era stata ancorata con lieve armatura. sfondò le volte del braccio Sud della crociera (Fig. 10) e andò a infrangersi sul pavimento della cripta dopo aver sfondato il pavimento della Chiesa. Dall'esame dei frammenti della statua (Fig. 11) risulta che la grossa armatura della statua era stata ancorata al plinto del frontone con una armatura debolissima. Naturalmente si rinunciò alla collocazione di una statua di eguali dimensioni, quella di Sant'Elia, sulla cuspide del frontone Nord, che, già pronta, non era stata ancora collocata, e sui due frontoni, prudentemente furono collocati due leggeri fiori crociformi (Fig. 12).

I danni prodotti dal terremoto del 31 Luglio 1962 furono indubbiamente più gravi. Debbo alla cortesia dell'Arch. J. de Recasens progettista delle architetture, aver potuto esaminare i piani costruttivi del cemento armato, dai quali è facile dedurre che nel progetto delle strutture non si tenne nel minor conto l'azione delle forze orizzontali. Il danno più appariscente fu quello del crollo totale della cupola.

È conveniente che questo danno venga esaminato con una certa accuratezza perché la lezione inflitta dal terremoto del Luglio scorso non vada perduta. È purtroppo diffusa, non soltanto nella regione cui ci occupiamo, l'opinione che una costruzione debba essere resistente all'azione del terremoto per il solo fatto che è costruita in cemento armato. Ciò

è esatto solamente se è stata progettata in modo che presenti un voluto grado di sicurezza all'azione delle forze orizzontali.

Osservazione certo lapalissiana, cionostante troppe volte lo studio si limita agli effetti delle sole forze verticali anche per strutture destinate a sorgere in zone attivamente sismiche. Segnalare quanto sia diffusa questa deficienza, segnalare i danni e le vittime che essa produce, non vuole essere una segnalazione di responsabilità, ma un contributo a quella coscienza sismica che ogni progettista in zona sismica deve possedere.

Nel caso particolare della chiesa di San José, tale segnalazione oltre a poter essere utile nel progetto di ricostruzione della cupola, potrebbe consigliare la revisione delle sezioni progettate per le due torri dell'altezza di 66 metri, non ancora costruite e che dovranno completare la facciata.

La cupola (Fig. 8) era formata da due prismi ottagonali sovrapposti. Essa fu progettata quando, Gennaio 1957, già esisteva il telaio della Figura 13a, costruito alla intersezione della nave principale con la trasversale, alla quota 20.50. Fa parte del progetto della cupola il progetto di un secondo telaio, Fig. 13b, da appoggiarsi sull'esistente mediante otto ringrossi dell'altezza di cm 28 alle estremità delle travi 3V. In questi ringrossi si progettarono armature di ancoraggio delle travi 3V (da costruirsi) alle 3B e 3T (già costruite). Infine su questo secondo telaio si ancoravano, alla quota di m 21,98, le colonne C1....., C8 del prisma inferiore della cupola, ciascuna dell'altezza di m 7,73 e della sezione  $30 \times 30$  armata con  $4\phi 15$ .

Sarebbe oltremodo interessante riuscire a stabilire se vi fu un elemento della struttura particolarmente deficiente e il cui collasso sia stato sufficiente a determinare il crollo totale. È difficile per chi non si sia trovato presente al momento della rovina, arguire se le prime strutture a cedere siano state le colonne C1....., C8 e successivamente il crollo abbia trascinato nella caduta le travi portanti, oppure comportandosi la cupola come un insieme sufficientemente rigido, abbia ceduto per prima qualcuna delle travi portanti. Sta di fatto che dall'esame a posteriori risultano le seguenti circostanze:

a) Il telaio composto dalle travi 3V è totalmente crollato;

b) La trave 3T (13-23) e la trave 3B (23-24) sono rimaste in sito e non serbano traccia degli strappi che avrebbero dovuto produrre gli ancoraggi delle sovrastanti travi 3V (Figg. 14 e 16);

c) La trave 3T (14-24) è completamente caduta e non è rimasta traccia dei ferri di ancoraggio alla colonna C14 (Fig. 15) o alla colonna C24 (Fig. 16);

d) La trave 3B (13-14) si è rotta in vari frammenti che sono rimasti appesi per le armature alle colonne C13 e C14 (Fig. 15);

e) Dall'esame delle strutture rimaste in sito e danneggiate principalmente dal crollo delle altre parti, si deduce che la caduta delle rovine della cupola è avvenuta verso SE dell'asse verticale della cupola.

L'esame delle predette circostanze farebbe apparire sommamente probabile che la trave 3T (14-24) possa essere stata la prima a cadere per effetto dell'aumento della pressione esercitata dagli estremi delle due travi 3V (3-4) e 3V (7-8). Dal non essere rimasta gravemente danneggiata dal crollo di materiale sovrastante la copertura della navata centrale che copriva la trave, potrebbe dedursi che neppure questa abbia potuto essere colpita da materiale cadente. Né si può supporre che la trave 3T (14-24) sia stata trascinata dalla caduta delle travi 3V (3-4) perché gli ancoraggi delle travi 3V, se sono stati eseguiti, furono totalmente inefficaci come risulta dallo stato in cui si sono trovate le travi 3T (13-23) e 3B (23-24) (Fig. 14), rimaste in sito senza presentare lesioni nei punti dove si appoggiavano le travi 3V.

Queste considerazioni porterebbero a credere che una deficienza, che avrebbe anche potuto essere casuale, della sola trave 3T (14-24) sarebbe stata sufficiente a determinare il crollo della cupola.

Purtroppo questa ipotesi della semplice deficienza casuale di una sola trave della struttura, cade se vogliamo ricercare quali sono le sollecitazioni che questa trave ha dovuto sopportare. Difatti, assunto il coefficiente sismico  $C = 0,12$  tutt'altro che elevato se si considera l'alta sismicità della zona, la quota di circa 22,000 m alla quale si è appoggiata la cupola e la precarietà dell'appoggio, si trova, nell'ipotesi di una scossa in direzione da Ovest ad Est, che le colonne C5, C6, avrebbero dovuto resistere ciascuna ad un quarto, anziché ad un ottavo, del peso totale della cupola. stimato in 220 t. La trave 3V (6-5) avrebbe dovuto resistere ad un momento di tm 173, le 3V (3-4) e 3V (-8-7) a momenti di tm 89, le 3B a momenti di tm 69 ed infine la 3T (14-24) ad un momento di tm 49.

Se si considera che il carico nelle due colonne citate, indipendentemente dalla presenza di un momento flettente, è già prossimo, può dirsi eguale, al carico di Eulero per colonne di quelle dimensioni e se si considera l'elevato valore dei predetti momenti flettenti, perde ogni interesse ricercare quale sia stato l'elemento che abbia ceduto per primo. Si giunge invece alla conclusione, molto importante, che nessuno degli elementi della cupola e della sua struttura di appoggio era atto a resistere a forze orizzontali.

Se la caduta della cupola è stato il danno più appariscente sopportato dalla Chiesa di San José, altre lesioni sono apparse tali da compromettere la stabilità futura della intera costruzione. Difatti le pareti della navata principale sono seriamente lesionate (Fig. 17).

Una lesione orizzontale corre lungo tutta la parete alla imposta degli archi interessando egualmente le colonne in e.a. e i pannelli di muratura. Nel prodursi le lesioni non ha influito la spinta degli archi. Deve piuttosto credersi in una deficiente resistenza del portale ad una sollecitazione orizzontale in direzione Ovest-Est. Supposta una partecipazione anche parziale della muratura alla resistenza della parete, il piano della imposta risulta essere proprio quello di minore resistenza.

Molti edifici con strutture in cemento armato hanno subito danni soprattutto alla sommità ed al piede delle colonne. Al « Colegio de la Enseñanza » quasi tutte le colonne del primo piano sono lesionate in sommità se pure non tutte nella gravità che rivelano le Figg. 18, 19 e 20. La dimensione della sezione delle colonne ( $25 \times 25$ ) e la loro armatura ( $4\phi 12$ ) rivelano che nessuna preoccupazione si ebbe per gli sforzi orizzontali. Le lesioni rivelano anche che nessuna delle armature orizzontali fu ancorata alle colonne. Si stanno riparando i danni, sembra però senza provvedere ad una maggiore sicurezza per il futuro.

Lesioni di uguali caratteristiche si osservano nella struttura portante della « Licoreria Caldas » (Fig. 21).

Nella parte più danneggiata, l'ala SW, si è cominciata la demolizione della struttura in cemento armato. È rimosso il calcestruzzo ed è ancora in posto l'armatura, così che si può rilevare che le colonne del 1° piano, dell'altezza di m 5,00 e con sezione  $30 \times 30$  hanno un'armatura di soli  $4\phi 12$ .

Nel « Colegio del Sagrado Corazón » che nel precedente terremoto del Dicembre 1961 aveva subito danni solamente nei tramezzi in mattoni, come si accennò nella relazione già citata, i danni nei tramezzi sono stati più gravi, nel Luglio 1962. Si sono riaperte ed ampliate le lesioni precedenti che erano state semplicemente stuccate senza appropriate opere di rinforzo e collegamento con la struttura portante. Tre tramezzi sono completamente crollati. Di più nel secondo terremoto si è rilevata anche una deficiente resistenza delle strutture portanti (Fig. 22).

Le deficienti condizioni statiche del serbatoio pensile di cui si fece cenno nella precedente relazione si sono aggravate, tanto da consigliarne la immediata demolizione.

È interessante osservare che sono state danneggiate strutture, come le tre di cui si è parlato, di due piani compreso il terreno, la cui importanza

statica potrebbe definirsi scarsa sotto l'aspetto della laboriosità di calcolo che richiede il progetto. Invece strutture portanti di edifici di nove o dieci piani non hanno subito la minima lesione.

Ciò rivela indubbiamente che questi ultimi hanno richiamato una maggiore attenzione da parte del progettista delle strutture.

Si cita tra queste altre strutture che non hanno sofferto danni per effetto del sismo del Luglio: la struttura in cemento armato dell'edificio « Seguro Bolivar » appena ultimata nel Luglio 1962, quella dell'albergo Soratama, quella dell'edificio dell'Alcaidia nella quale appena è stata rilevata una lesione capillare in una colonna del nono piano.

Però i pannelli di muratura di queste strutture (esclusi quelli dell'edificio Seguro Bolivar non ancora eseguiti nel Luglio 1962) hanno subito lesioni talvolta gravi. Per esempio si sono lesionati tutti i pannelli su una medesima colonna di finestre del lato Est dell'Albergo Soratama, e quasi tutti i tramezzi dell'edificio dell'Alcaidia. In questo si sono riaperte ed ingrandite le lesioni nei tramezzi che già si erano prodotte nel Dicembre e che erano state semplicemente ristuccate e se ne sono aperte altre.

Nelle costruzioni minori e di tipo locale non si sono riscontrati gravi danni, forse sono stati ancora meno gravi di quelli che nello stesso tipo di costruzioni si erano riscontrati dopo il terremoto del dicembre dell'anno precedente. Tra i più gravi è quello della caduta di un muro esterno di una testa, non collegato ai tramezzi interni, alla casa d'angolo tra calle 27 e carrera 11 (\*) (Fig. 23).

*Manizales.* (Capitale del dipartimento Caldas, 126.200 abitanti). — L'intensità da attribuire al sismo è stata inferiore a quella che si è attribuita alla intensità del sismo in Pereira. Si giudica possa essere stato poco minore del grado IX della scala M.M.

Gli edifici che sono stati maggiormente danneggiati sono stati la Cattedrale e l'« Edificio de la Nación » sede dei Tribunali e servizi amministrativi del governo centrale.

La Cattedrale (Fig. 24) costruita in stile gotico nel 1928 e elevata a dignità di Basilica, sorge dal piano terra con pianta quadrata. Alla quota di 11 m., la pianta assume la forma di croce greca e sorgono ai quattro vertici del quadrato inferiore, quattro torri della sezione di m 6,40 × 6,40.

---

(\*) Nelle città della Colombia, costruite planimetricamente in base ad un reticolato tracciato generalmente in un rettangolo, si chiamano « Carreras » le vie parallele alla dimensione maggiore e « Calles » quelle parallele alla direzione minore.

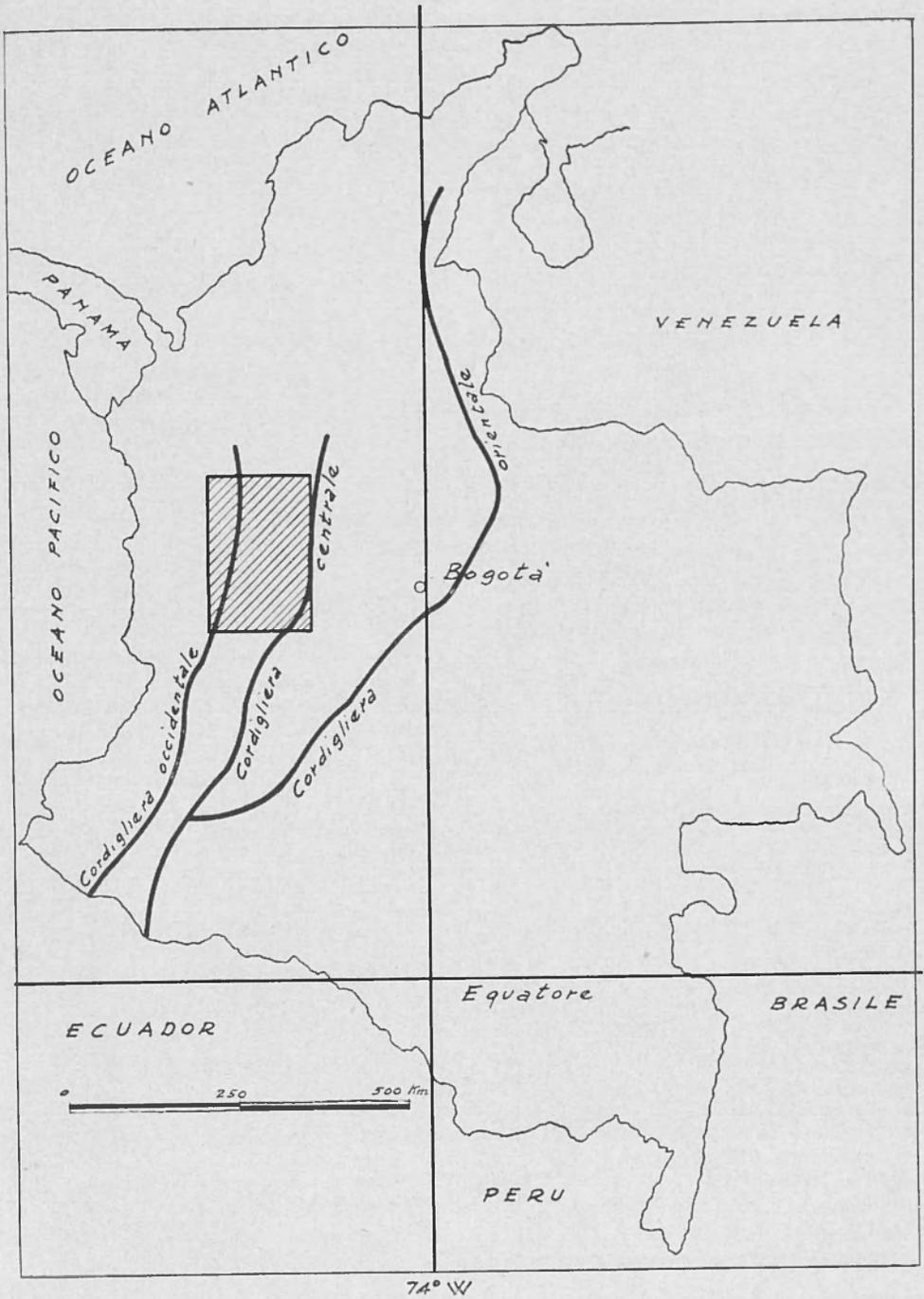


Fig. 1 - Schema orografico della Colombia.

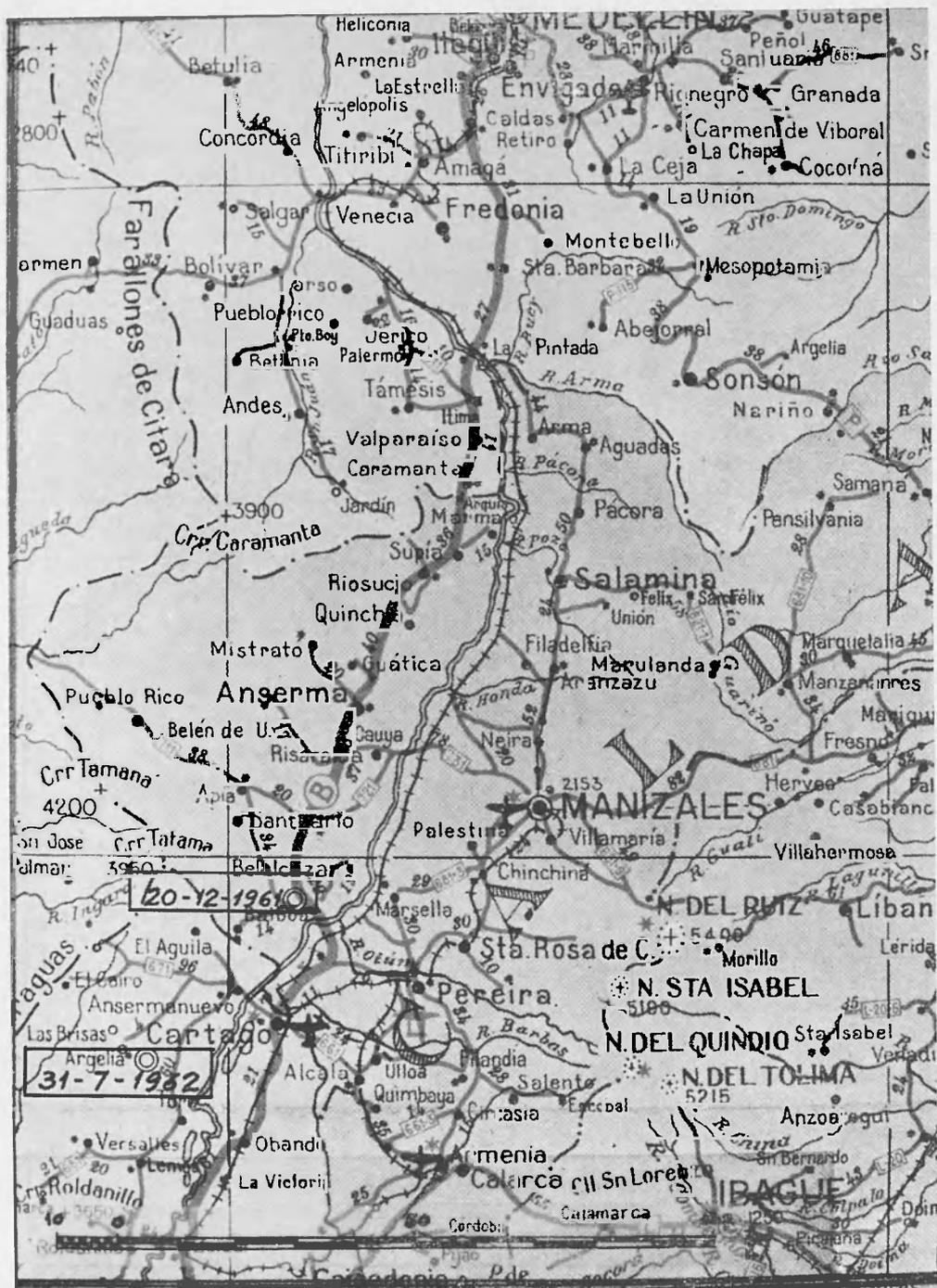


Fig. 2 – Ubicazione degli epicentri dei due terremoti del 20 Dicembre 1961 e 31 Luglio 1962.



Fig. 3 - Interno della Chiesa del Perpetuo Soccorso di Cali, dopo il terremoto del 31 Luglio 1962 (Foto Mult).

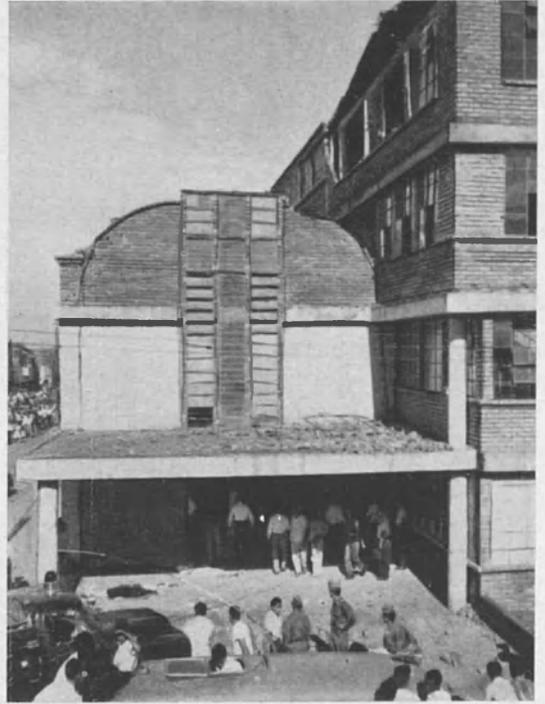


Fig. 4 - La facciata della Chiesa del Perpetuo Soccorso di Cali, dopo il terremoto del 31 Luglio 1962 (Foto Mult).



Fig. 5 - Pereira. Fabbrica Don Felix. Il piano terreno che ha resistito al sismo e al crollo dei tre piani superiori. Il pannello di muratura con finestra apparteneva al 4° piano. Si stanno rimuovendo le capriate e le lamiere che coprivano il 4° piano. Sulla soletta del 1° piano le macerie della soletta che coprivano il 2° e 3° piano. (Foto Estudio Caldas).



Fig. 6 - Pereira. Fabbrica Don Felix. Soletta che copriva il 3° piano dopo rimosse le macerie della copertura metallica che copriva il 4° piano. (Foto Estudio Caldas).



Fig. 7 - Pereira. Fabbrica Don Felix. Lesioni nelle colonne e travi portanti il 1° solaio (Foto dell'A.).



Fig. 9 - Pereira. Chiesa di San José. Statua di San José che fu collocata al vertice del frontone Sud prima del Dicembre 1961 (Foto Garcia).



Fig. 8 - Pereira. Lo stato dei lavori della Chiesa di San José nel primo semestre del 1961. È rappresentato il frontale Sud, la cupola, la navata principale. La facciata non è ancora costruita. (Foto dovuta alla cortesia del M. R. Parroco di San José).

Fig. 10 - Pereira. -  
Chiesa di San José.  
Foro prodotto nella  
voltina di copertura  
del braccio Sud della  
crociera, dalla  
caduta della statua  
di San José (Foto  
Garcia). →

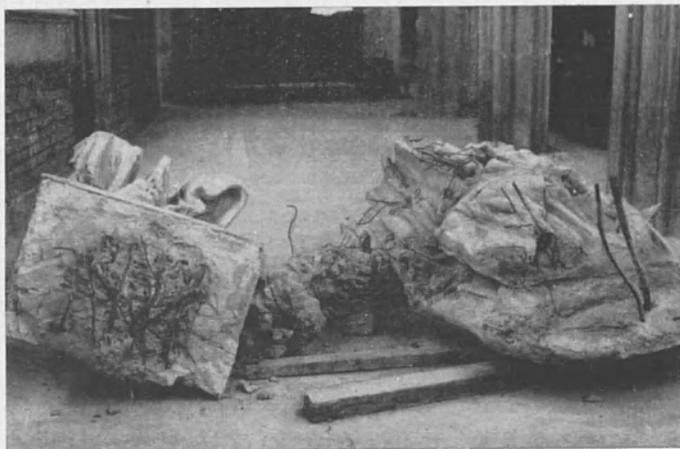
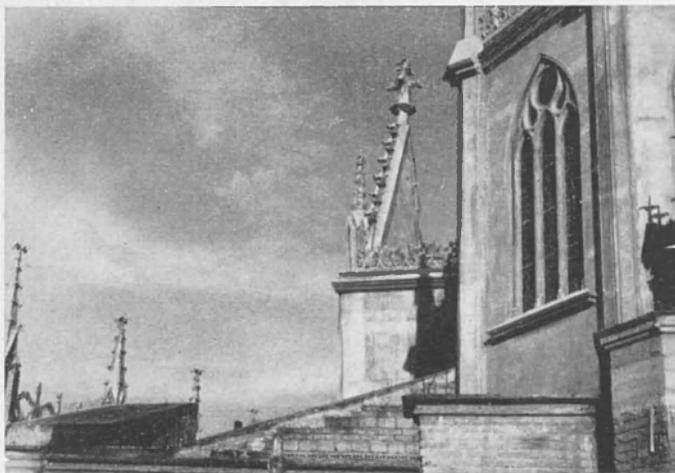
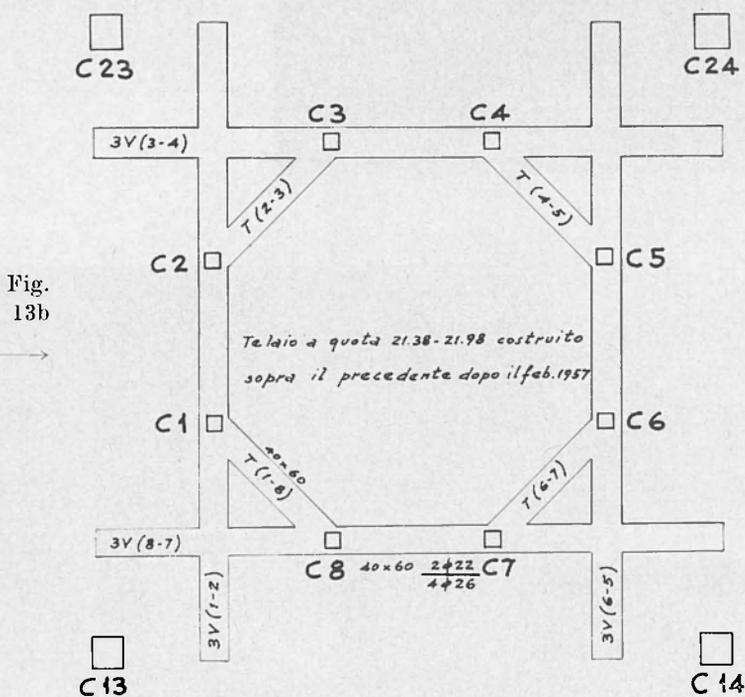
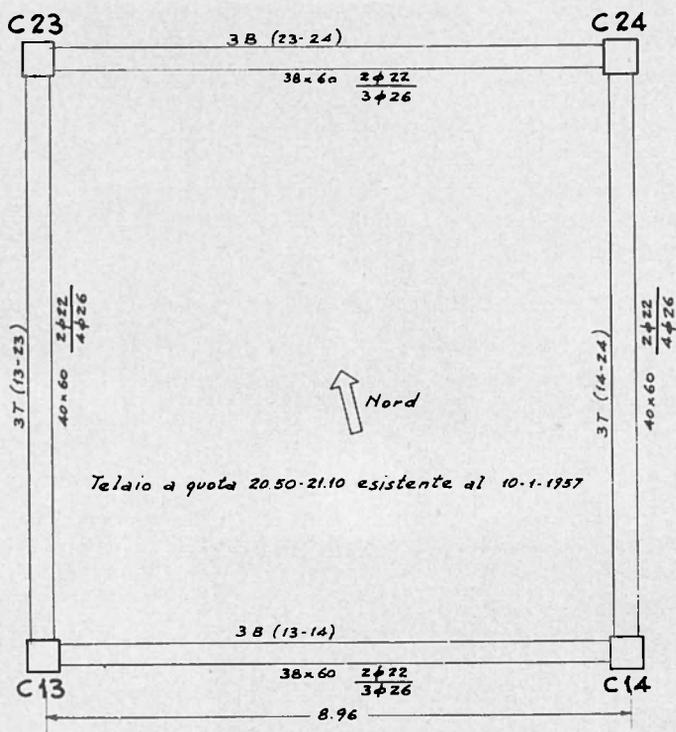


Fig. 11. - Pereira. -  
Chiesa di San José.  
Frammenti della  
statua di San José.  
A sinistra vista del  
piano di appoggio  
sul plinto del frontone  
Sud. (Foto  
Garcia). ←

Fig. 12 - Pereira. -  
Chiesa di San José.  
Cuspide del frontone  
Nord con il fiore  
cruciforme colloca-  
to dopo il terremoto  
del 20 Dicembre  
1961 in sostituzione  
della statua di S.  
Elia (Foto dell'A.). →





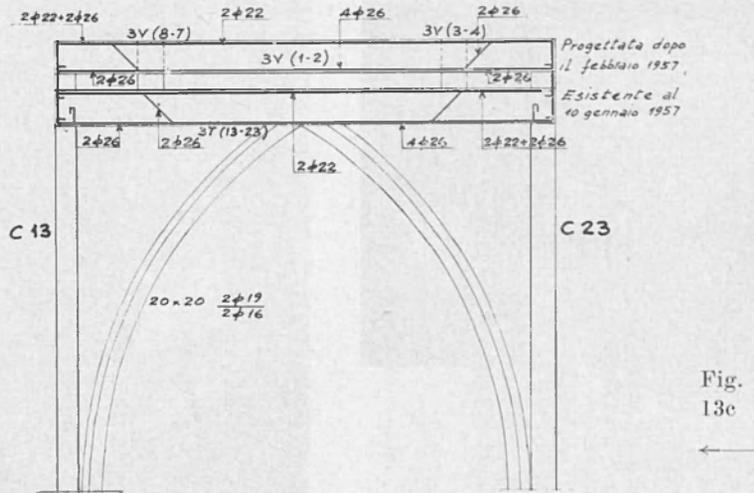
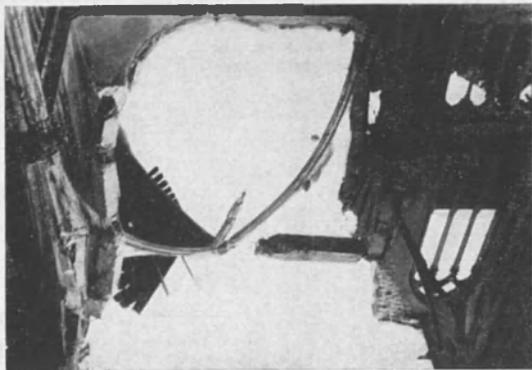


Fig. 13a, 13b, e 13c - Pereira. Chiesa di San José. Piante e sezione dei due telai sui quali appoggiavano le otto colonne della cupola.

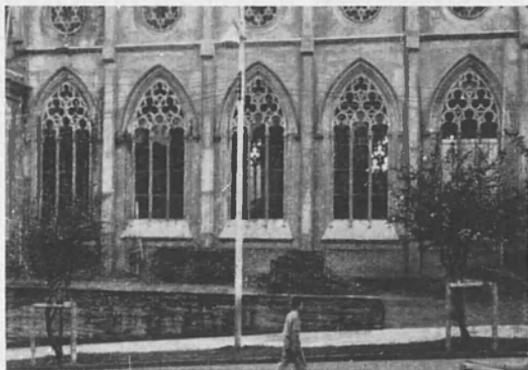
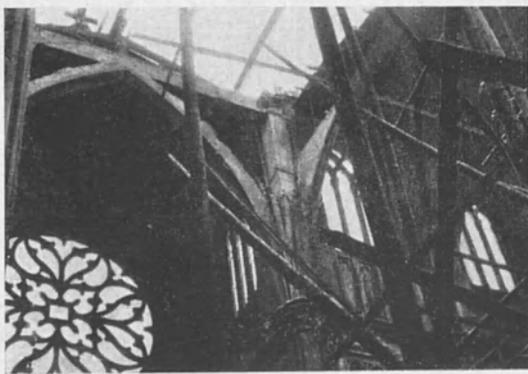


Fig. 14 - Pereira. Chiesa di San José. Braccio sud della crociera (Foto dell'A.).



← Fig. 15 - Pereira. Chiesa di San José. Braccio Sud della crociera dopo il terremoto del 31 Luglio 1962. Si notano i rottami della trave indicata nella fig. 13a con 3B (13-14). (Foto Estudios Caldas).

Fig. 16 - Pereira. Chiesa di San José. Braccio → Nord della crociera e inizio della navata principale. La trave rimasta in sito è quella indicata nella fig. 13a con 3B (23-24). (Foto dell'A.).



← Fig. 17 - Pereira. Chiesa di San José. - Parete Sud della navata principale (Foto dell'A.).

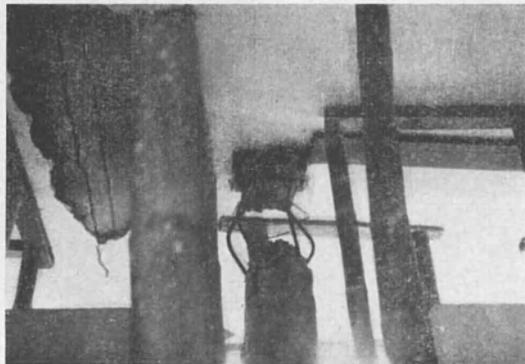


Fig. 18 - Pereira. Colegio de la Enseñanza. → Testa di una colonna del 2° piano (Foto dell'A.).



Fig. 19 - Pereira. Colegio de la Enseñanza. Testa di una colonna del 2° piano (Foto dell'A.).



Fig. 21 - Pereira. Licoreria Caldas. Colonna Sud-Est del 1° piano (Foto dell'A.).

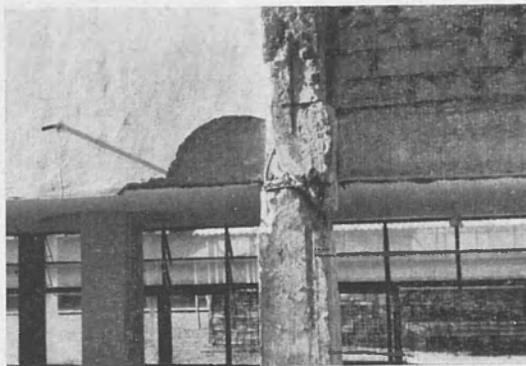


Fig. 20 - Pereira. Colegio de la Enseñanza. - Piede di una colonna del 2° piano (Foto dell'A.).

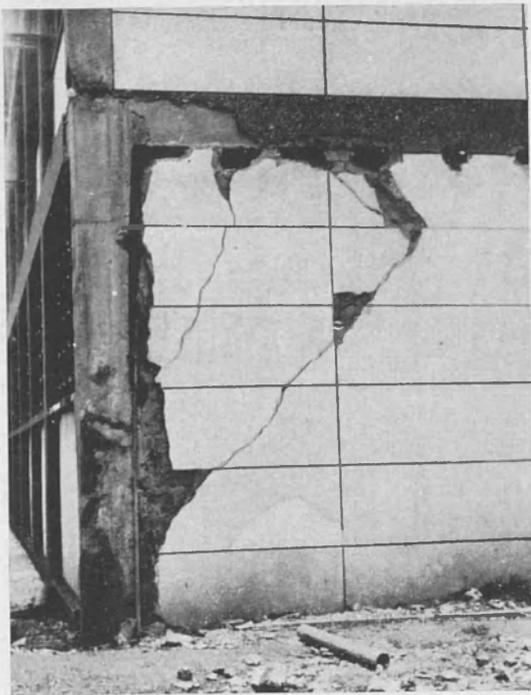


Fig. 22 - Pereira. Colegio de Sagrado Corazón. Colonna Nord-Est de l'edificio (Foto dell'A.).



Fig. 24 - Manizales. La cattedrale prima del terremoto (Foto Sarmiento).



Fig. 23 - Pereira. Casa all'incontro di calle 27 con canera 11 (Foto dell'A.).



Fig. 25 - Manizales. Cattedrale. Le rovine della torre Nord-Ovest ingombrano la calle 22 (Foto Sarmiento).

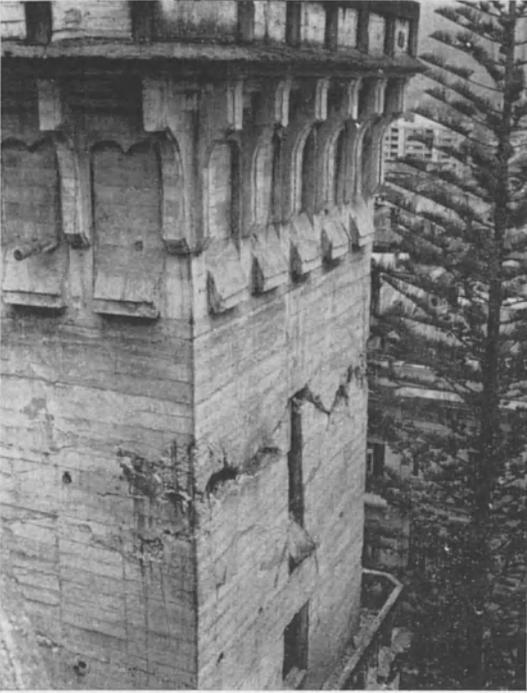


Fig. 26 - Manizales. Cattedrale. Le lesioni della torre Sud-Est (Foto Sarmiento).



Fig. 28 - Manizales. Cattedrale. Lavori per la rimozione e ricollocazione del Crocefisso sopra la guglia centrale, caduto con il terremoto del 30 Luglio 1962 (Foto Sarmiento).



Fig. 27 - Manizales. Cattedrale. Sezione di rottura della torre Nord-Ovest (Foto Sarmiento).



Fig. 29 - Manizales. Edificio de la Nación. Fronte sulla canera 23. (Foto dell'A.).



Fig. 31 - Sonsón. Due finestre della cella campanaria nelle quali è visibile la discesa del conico di chiave prodotto dal terremoto del 20 Dicembre 1961 (Foto dell'A.).



Fig. 30 - Sonsón. Abside della Cattedrale come si presentava nel Gennaio 1962. Alla radice degli archetti si vede correre la cintura posta dopo il terremoto del 1938 (F. dell'A.).



Fig. 32 - Sonsón. Le rovine dell'abside della Cattedrale dopo il terremoto del 30 Luglio 1962 (Foto dell'A.).

← Fig. 33 – Sonsón. Lo stato delle lesioni della torre campanaria della facciata dopo il terremoto del 30 Luglio 1962 (Foto dell'A.).

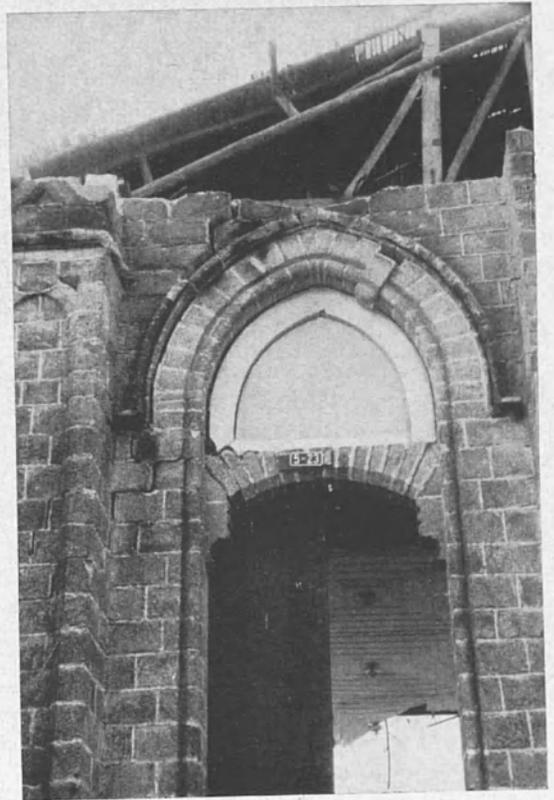


Fig. 34 – Sonsón. Ingresso laterale della facciata della Chiesa di Jesù Nazareno dopo terremoto del 30 Luglio 1962 (Foto dell'A.). →



Fig. 35 - Sonsón. Casa di due piani con muri di tapia danneggiati dal terremoto del 31 Luglio 1962. (Foto Faresco).

Alla quota di m 26,00 ha inizio una guglia per ciascuna torre che arriva fino alla quota di 49,00 m, dove era collocata una statua di un Santo. Al centro della crociera sopra una quinta guglia di proporzioni maggiori delle altre quattro era collocato un Crocifisso. Il terremoto del 30 Luglio 1962 danneggiò le quattro torri facendo crollare quella di Nord-Ovest (Fig. 25, la facciata della Fig. 24 è rivolta a Nord) e lesionando le altre tre, in modo grave quella di Sud-Est (Fig. 26) che si è considerato opportuno controventare con cavi di acciaio in attesa di terminare le ricostruzioni e rinforzi già cominciati.

Le pareti delle torri continuano fino a quota 20 (approssimativamente la quota dove si è troncata la torre NW e si sono lesionate le altre tre) con uno spessore di 55 cm. Al di sopra di questa quota lo spessore si restringe a 25 cm, conservando però agli angoli quattro colonne di  $55 \times 55$  cm; la consistenza delle armature si è potuta ben constatare al piano di rottura della torre NW (Fig. 27). I pilastri erano armati con  $8\varnothing 22$  ciascuno e le pareti con  $\varnothing 12$  ogni 20 cm. Una circostanza che giustamente ha sorpreso i tecnici che, diretti dal Dr. Ing. Gustavo Robledo Isaza, si occupano della esecuzione dei rinforzi, è che al piano indicato terminano i ferri delle armature inferiori e cominciano quelle delle superiori senza che agli uni e agli altri fossero stati praticati i ganci. I ferri superiori si sovrappongono per una lunghezza di 60-70 cm ai ferri dell'armatura, inferiore. Più ancora sorprende che questi ultimi siano dipinti in rosso il che fa supporre che al piano che poi è risultato il piano di rottura, vi fu una sosta nella costruzione e si volle, con una pittura antiruggine, preservare i ferri da una possibile corrosione determinata dalle intemperie. Riprendendo la costruzione, probabilmente si omise di rimuovere la pittura, e non si ottenne perciò la minore aderenza fra ferro e cemento, come l'aspetto attuale dei ferri permette di affermare,

I lavori di rinforzo delle tre torri rimaste lesionate, e già in corso, consistono di due serie di provvedimenti. Con il primo si vanno scoprendo le armature nelle zone dove i ferri verticali si sovrappongono e si vanno saldando elettricamente. Con il secondo si sta costruendo, nell'interno di ciascuna torre, quattro colonne metalliche, una in ciascun vertice del vano quadrato esistente. Ciascuna colonna è formata da quattro cantonali di 6" a lati uguali, accostati in modo da formare una sezione quadrata di 30 cm di lato. I bordi dei cantonali a contatto vengono saldati elettricamente. Ciascuna colonna è collegata alle vicine da cantonali di 4" collocati esternamente ed internamente alle colonne metalliche.

Tra i danni minori sopportati dalla Basilica sono da considerare la rottura dei vincoli delle statue collocate sulle guglie, che eccetto una che è

caduta al suolo, sono rimaste appese alle guglie per i ferri di ancoraggio. Sulla guglia centrale (Fig. 28), il Crocifisso esistente era già uscito dalla verticale per il terremoto del 20 Dicembre 1961, ma al fatto non si dette importanza.

Gravi lesioni ha subito pure l'« Edificio de la Nación » sede dei Tribunali e della Esattoria. È un edificio di quattro piani con ossatura in cemento armato e pannelli di muratura in mattoni. L'ossatura in cemento armato sembra non aver sofferto, mentre sono tutte lesionate le murature. I pannelli interni presentano generalmente le lesioni a X caratteristiche della scarsa resistenza delle murature alle sollecitazioni al taglio, mentre in quelle esterne (Fig. 29) si osserva il loro distacco dalla ossatura portante. Come si rileva dalla illustrazione, il distacco è molto forte al primo piano (terreno) diminuisce al secondo, risulta appena indicato da una lesione dell'intonaco al terzo e non appare affatto al quarto, indizio sicuro che la deformazione del telaio in c.a. è stata quella che convenzionalmente si chiama al taglio (\*).

Una breve visita è stata compiuta a Mesopotamia (paese di 600 abitanti nel dipartimento di Antioquia) la cui chiesa parrocchiale, costruita con muri di « tapia » e facciata di mattoni aveva già sofferto gravi danni per il terremoto del 1961 tanto da doverne essere decretata la demolizione e successiva ricostruzione.

Le lesioni apparse in quell'occasione sono naturalmente aumentate nel Luglio del 1962, ma si è cominciata la ricostruzione della Chiesa con ossatura in cemento armato e pannelli di muratura di mattoni. Nel Settembre 1962 è quasi totalmente ricostruito l'abside, ma non sembra che nel progettare l'ossatura si abbiano tenuto nel debito conto i dettami dell'ingegneria antisismica.

La visita alle zone più gravemente colpite dal terremoto del 30 Luglio 1962, si è conclusa con l'esame delle rovine della Cattedrale della città di Sonsón (47.000 abitanti, dipartimento di Antioquia).

La Cattedrale costruita intorno al 1880 appare costruita con muratura in pietra da taglio, mentre invece dopo la sua parziale rovina risultò essere muratura a sacco entro due paramenti di pietra vista. Si ignora se l'edificio subì danni in terremoti anteriori al 1938, che secondo il già citato cartogramma dell'« Atlas de Economia Colombiana » furono numerosi tra il 1890 ed il 1938 con epicentri nei dintorni di Medellin e di Manizales.

---

(\*) Per la corretta definizione della « Deformazione al taglio » di un portale vedi: J. A. BLUME, *Structural Dynamics in Earthquake. Resistant Design*. Proceedings of the ASCE, Vol. 84, July 1958.

Ciò che è certo è che il terremoto verificatosi il 4 Febbraio 1938 con epicentro a SW di Manizales e che il citato cartogramma classifica come « distruttivo » produsse nelle murature della Cattedrale numerose lesioni. I provvedimenti presi allora furono inefficienti, quando addirittura non furono tali da aggravare la stabilità dell'edificio. Tra gli inefficienti sono da considerare la stuccatura superficiale delle lesioni ed una cintura collocata alla sommità dell'abside (Fig. 30) costituita da una piattina di ferro che, come si poté rilevare più tardi, aveva una sezione di  $10 \times 75$  mm e tra i controproducenti può contarsi la costruzione sotto la cuspide, che sormonta la torre campanaria, di un telaio quadrato di quattro travi in cemento armato di  $40 \times 60$  cm. Queste travi corrono parallelamente ai muri, alquanto discoste da essi, verso l'interno della cella campanaria ed hanno brevi appoggi di estremità nei muri.

Per la eseguità degli appoggi e l'assenza di ancoraggi non possono costituire un concatenamento dei muri della torre agli effetti statici e solo costituiscono una massa collocata in sommità della torre.

I danni che si produssero per il terremoto del 20 Dicembre 1961 furono gravi. Tutte le lesioni stuccate dopo il terremoto del 1938 si riaprirono aumentando la loro lunghezza e la loro apertura; se ne aprirono nuove; tutti indistintamente gli archi si lesionarono in chiave, alcuni in modo da lasciare cadere al pavimento il concio di chiave, in altri il concio di chiave iniziò la discesa che fu arrestata dal successivo riaccostarsi dei due semiarchi (Fig. 31). Nell'abside, che internamente presentava esili lesene, si produssero lesioni verticali sulla linea delle finestre, conci della cupola caddero al pavimento.

Le guglie di tre delle quattro torri a lato delle due uscite laterali crollarono, producendo sette vittime mortali, la quarta guglia si strappò parzialmente dai suoi ancoraggi, restando appesa alla sommità della torre.

Gli assi delle quattro torri restarono fuori della verticale. La Cattedrale rimase in condizioni di stabilità evidentemente precarie. Non si iniziarono seri lavori di consolidamento e semplicemente si riprese la stuccatura delle lesioni.

Il successivo terremoto del 30 Luglio del 1962 determinò il crollo totale dell'abside (Fig. 32), Le lesioni che si determinarono nella torre centrale della facciata (Fig. 33) furono tali da porre in condizioni di grave pericolosità la torre stessa. Egualmente danneggiate furono le pareti esterne delle navate laterali, le colonne e gli archi che dividono la navata centrale dalle laterali. Le condizioni di stabilità della parte della Cattedrale non crollata sono rimaste così precarie che sembrano consigliare la immediata demolizione di ciò che è rimasto.

Oltre la Cattedrale è rimasta gravemente danneggiata in Sonsón la cappella di Jesús Nazareno.

Questa cappella costruita con muri di tapia di un metro di spessore e la facciata di granito locale, già aveva sofferto lesioni nei muri di tapia per il terremoto del 20 Dicembre 1961. Furono riparate restituendo i muri alle condizioni anteriori e nel terremoto del 30 Luglio 1962 crollarono nella quasi totalità. Anche la facciata di granito soffrì notevolmente (Fig. 34).

L'esistenza di muri di tapia determinò gravi danni in numerosi edifici specialmente quelli di due piani (Fig. 35). Nel Settembre del 1962 si è rilevato che la ricostruzione di molti di essi procede con il proposito di eseguire il piano terreno in muratura di mattoni ed il primo piano in « bahareque ». È da credere che se le murature del pianterreno saranno di conveniente spessore, ben intelaiate in pianta e munite di una catena in c.a. in sommità, alla quale si ancori bene la sovrastante struttura di « bahareque » sia possibile ottenere una costruzione economica e con sufficiente resistenza al sismo.

#### CONCLUSIONI.

Scarsi insegnamenti si possono trarre dall'esame di rovine di edifici quali la Cattedrale e la Chiesa di Jesús Nazareno di Sonsón, costruiti con disegni e materiali non adeguati, in anni nei quali era comune considerare che il terremoto rappresentava una forza cieca della natura dalla quale non fosse possibile sottrarsi. Dopo il loro crollo la sola conclusione ovvia è che nella ricostruzione si tenga conto degli insegnamenti che l'ingegneria antisismica oggi può dare per ottenere un sufficiente grado di sicurezza.

Motivo invece di riflessione sono i danni che hanno colpito le opere in c.a., lievi quelli dovuti al terremoto del Dicembre 1961, ma notevoli quelli prodotti dal terremoto del Luglio 1962.

Ciò che richiama anzitutto l'attenzione è il fatto che l'ossatura di edifici di notevole altezza con considerevole numero di piani (sia a Cali, come nelle città dei dipartimenti di Antioquia e Caldas, sono frequenti edifici moderni con ossatura in cemento armato con numero di piani intorno a dieci) non ha sopportato danni, mentre in edifici minori di due o tre piani (al massimo quattro, solamente dell'edificio della Fabbrica Don Felix di Pereira) le lesioni si sono sempre verificate, quasi sempre in misura grave. Si direbbe che il progettista di ossature in cemento armato

per alti edifici si sia reso conto della importanza delle azioni delle forze orizzontali, non fosse altro per tener conto del vento, mentre il progettista di strutture più basse sembra aver totalmente trascurato l'azione di forze orizzontali.

Nel caso particolare della Chiesa di San José di Pereira, se il modo con il quale si sono prodotti i danni permette di supporre che si sia trascurato di studiare gli effetti degli sforzi orizzontali nel progetto della struttura, le sezioni, l'armatura (e la loro disposizione) risultante dai piani costruttivi che si son potuti esaminare, ne dà la conferma.

Altra serie di danni che si è verificato in strutture con ossatura in cemento armato è stata quella delle lesioni e talvolta il crollo di pareti in mattoni o di blocchi.

Nelle future costruzioni e nelle ricostruzioni in atto dovranno prendersi quelle misure atte ad evitare il riprodursi di tali danni: spessori convenienti, ancoraggi con la struttura, eventuali armature orizzontali.

Considerazioni tutte che portano alla necessità di una regolamentazione delle costruzioni, sotto il punto di vista antisismico, che includa l'approvazione preventiva dei progetti e la vigilanza durante la costruzione. È noto come tali provvedimenti urtino contro la suscettibilità dei professionisti, la riluttanza dei proprietari ad accettare eventuali aggravii del prezzo delle costruzioni e purtroppo talvolta la stessa riluttanza delle autorità ad aggravare i propri bilanci con le spese richieste dall'esercizio di una efficiente polizia edilizia. Difficoltà di questo genere debbono scomparire di fronte alla necessità di salvaguardare la vita umana.

Una tale auspicata regolamentazione non dovrebbe escludere le norme per l'esecuzione di opere di tipo locale come quelle in adobe, tapia e bahareque.

Pochi regolamenti la prevedono, come quelli del Pakistan (\*), ma è indubbio che l'esistenza di interi gruppi di abitati eretti con sistemi locali, la necessità sociale ed economica di non sopprimere tali tipi di costruzione, impongono la considerazione delle norme che debbono essere di guida nella loro esecuzione. Un abbozzo di tali norme è in una pubblicazione dell'Unione Panamericana (\*\*), ma è evidente la necessità di una loro coordinazione con una altrettanta necessaria regionalizzazione si-

---

(\*) ABDUAL QADIR KHAN, *Earthquake and Seismic Designs in Pakistan*. Proceedings of the I World Conference on Earthquake Engineering, 23, 1-9, Berkeley (1956).

(\*\*) Centro Interamericano de Vivienda y Planeamiento. Unión Panamericana. Asismicidad en viviendas economicas. Bogotá 1959.

smica, che, tra l'altro, dia la variazione dei limiti da imporre ad altezza e numero di piani.

#### NOTIZIE SOPRA I TIPI DI COSTRUZIONI LOCALI.

I tipi di costruzioni locali che si sono citati sono comuni con poche varianti a tutti i paesi dell'America Meridionale. Poiché non sono generalmente conosciuti in Italia, si ritiene opportuno darne una sommaria descrizione.

*Adobe.* — Gli « adobes » sono blocchi delle dimensioni intorno a  $20 \times 20 \times 40$  cm formati con terra argillosa alla quale viene mescolata una certa quantità di paglia. Il blocco viene lasciato seccare al sole e successivamente si impiega come il mattone comune, utilizzando come cementante una pasta di terra argillosa eguale a quella con la quale si sono costruiti gli adobes. Si costruiscono muri per lo più di 40 cm di spessore per altezze non superiori ai tre o quattro metri. Le superficie si intonacano con la medesima pasta di terra argillosa, oppure anche con malta di calce. Gli architravi delle finestre si eseguono in legno. La copertura può essere composta di una orditura di travi in legno squadrato, o di canne « guagua » specie di bambù, che possono avere il diametro di otto o dieci centimetri. Su questa orditura si pongono, in direzione perpendicolare, canne comuni a stretto contatto. Alla superficie inferiore formata dalle canne a contatto e che rimane in vista si dà talvolta uno o più mani di olio di lino. Sopra le canne si colloca uno strato di 15-20 cm della solita terra argillosa sistemando deboli pendenze ed impermeabilizzando con un leggero strato di terra e grasso. Finalmente si dà una mano di bianco di calce.

*Tapia.* — È una costruzione fatta con lo stesso materiale che si usa per gli « adobes », solo che i blocchi, molto più grandi, sono costruiti in sito. Per il getto e pistonatura del blocco si adoperano casseri di legno. Il blocco così costruito ha un'altezza che può essere dagli 80 ai 100 cm ed una lunghezza da 100 a 120 cm. Lo spessore può essere di 80 cm o di un metro. Dato il notevole spessore il muro, se costruito per altezze non molto superiore ai 4 metri, presenta una buona stabilità al ribaltamento. Con tale sistema si costruiscono anche case a due piani, potendo essere il solaio formato da tavole poggianti su un'orditura di canne « guagua ». Però l'impiego per la costruzione in case di due piani o per muri, come

quelli di alcune chiese, di altezze superiori ai cinque metri non dovrebbe permettersi in zone sismiche.

Nella pratica comune due muri tra loro perpendicolari, si costruiscono senza immorsamenti, che il metodo di costruzioni a blocchi dovrebbe rendere possibile. I muri non immorsati si separano con grande facilità alla più lieve scossa sismica, producendo lesioni che potrebbero essere evitate.

*Bahareque.* — In generale l'edificio in « bahareque » ha una struttura portante che è di legno squadrato e che perciò può già avere una propria sufficiente resistenza alle azioni orizzontali e le pareti sono di « bahareque ». Queste si ottengono collocando verticalmente le canne « guagua » a distanza di circa cm 20 l'una dall'altra, inchiodandole alla struttura portante. Per ottenere la continuità delle pareti viste, alle canne si inchioda, o si lega, dai due lati una specie di stuoia ottenuta anche da uno speciale trattamento della canna « guagua ». Le stuoie si intonacano, o con la pasta con la quale si fabbricano gli « adobes » o la « tapia », oppure con le comuni malte di calce.

#### RINGRAZIAMENTO.

Desidero manifestare il mio animo grato al M.R.P. J. Ramirez, Rettore della Pontificia Università Javeriana e Direttore dell'Istituto Geofisico delle Ande Colombiane, che mi fu largo di notizie e consigli all'inizio dei miei due viaggi. Così pure ringrazio gli ingegneri ed i tecnici dell'Ufficio OO. PP. del dipartimento di Antioquia e dell'Ufficio OO. PP. del Municipio di Pereira che mi facilitarono grandemente e talvolta mi furono di guida nelle visite alle zone colpite.

#### RIASSUNTO

*L'Autore riferisce le osservazioni fatte sui danni prodotti negli edifici di alcune città della Colombia conseguentemente ai due terremoti che si verificarono il 20 Dicembre 1961 e 31 Luglio 1962, specialmente riguardo a quelli prodotti da quest'ultimo.*

*Si è constatata la frequente omissione nel progetto di opere in cemento armato della considerazione dell'azione delle forze orizzontali.*

*Si ricorda la necessità che in zona sismica si provveda ad una regionalizzazione secondo la probabilità dei terremoti di eguale intensità, ad una regolamentazione per la redazione dei progetti ed ad una efficace vigilanza edilizia.*

#### SUMMARY

*The Autor refers on the damages to buildings of any towns of Colombia, made by the earthquakes on the December 20, 1961 and July 31, 1962, especially by the last.*

*Many damages to reinforced concrete building were produced by the omission in the design of the horizontal shear.*

*Certain recommendations are made with the view of minimizing damage by future earthquake: Seismic Regionalization and Building Code.*

---