

# ESTUDIO VULNERABILIDAD Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL

EDIFICIO DE LAS FACULTADES DE  
CIENCIAS BASICAS, CIENCIAS  
HUMANAS Y TECNOLOGICAS

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

ING. JOSE ANTONIO RIVERA ZULUAGA

J. RIVERA  
INGENIEROS

J. RIVERA  
INGENIEROS



## LA NOTICIA !



## EDIFICIO EN ESTUDIO



J. RIVERA  
INGENIEROS

## EDIFICIO EN ESTUDIO



**BLOQUE #1**



**BLOQUE #2**

J. RIVERA  
INGENIEROS

## EL EDIFICIO:

- **AREA DE CONSTRUCCION:** 13.000 m<sup>2</sup>
- **NUMERO DE PISOS:** 1 sótano + 4 pisos
- **TIPO DE ESTRUCTURA:** Concreto reforzado  
Pórticos y muros de concreto  
Luces de 15 y 18 m  
Placas macizas 10-12 cm  
2 bloques estructurales (1 y 2)
- **TIPO DE CIMENTACION:** Profunda por pilas y pilotes
- **EPOCA DE CONSTRUCCION:** Enero 2001 a Marzo de 2002
- **NORMAS VIGENTES:** NSR-98  
MZSA

J. RIVERA  
INGENIEROS

## COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO:

J. RIVERA  
INGENIEROS



**COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO:**



**J. RIVERA  
INGENIEROS**

**COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO:**



**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## COMPORTAMIENTO DEL EDIFICIO:



J. RIVERA  
INGENIEROS

## **METODOLOGIA PARA EVALUAR LA VULNERABILIDAD Y DETERMINAR LA NECESIDAD O NO DE REFORZAR**

**NSR-98 A.10 - Decreto 2809 / 2.000**

J. RIVERA  
INGENIEROS

# PROCEDIMIENTO

- **ESTUDIO DE INFORMACION SOBRE LA ESTRUCTURA EXISTENTE**
- **EVALUACION DE LA ESTRUCTURA**
- **DETERMINAR CAUSAS DE MAL COMPORTAMIENTO**
- **DEFINIR NECESIDAD DE REFORZAMIENTO**

J. RIVERA  
INGENIEROS

# ESTUDIO DE INFORMACION

- **Memorias de cálculo Dic. 2001 (NSR-98)**
- **Memorias de cálculo Abril 2002 (MZSA)**
- **Estudio de suelos y cimentaciones**
- **Planos estructurales aprobados**
- **Actas de comités de obra**

J. RIVERA  
INGENIEROS

## MEMORIAS DE CALCULO

### ■ EVALUACION DE CARGAS:

- Cargas muertas: Acabados: 140 Kg/m<sup>2</sup>  
Muros divisorios: 166 Kg/m<sup>2</sup>
- Carga viva: 250 kg/m<sup>2</sup>
- Carga sísmica: F.H.EQ.

### ■ PROGRAMA DE ANALISIS Y DISEÑO: RCBE

### ■ MEMORIAS CALCULOS MANUALES

### ■ ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES

J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE SUELOS

- SUELOS: Limo arenoso, arena limosa, origen volcánico
- NIVEL FREATICO: 10-15 m
- CAPACIDAD CARGA DEL SUELO: 16 ton/m<sup>2</sup>
- PRUEBAS DE CARGA A PILAS

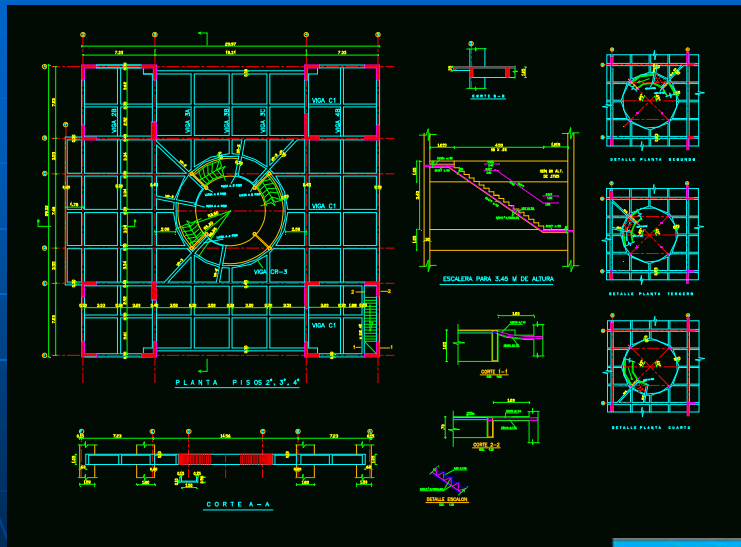
J. RIVERA  
INGENIEROS

# PLANOS ESTRUCTURALES

- **COLUMNAS SOTANO:** Sección pequeña  
Poco refuerzo  
Columna fuerte-viga débil ??
- **TRASLAPOS REFUERZO EN ZONAS DE CONFINAMIENTO**
- **VIGAS CON ALTURA MAYOR A 90cm SIN REFUERZO EN LAS CARAS VERTICALES**
- **VIGAS CON CUANTIAS INFERIORES A LAS INDICADAS EN MEMORIAS**
- **VIGAS CON VARILLAS #7, #8 SOBRE APOYOS DE 30 cm DE ESPESOR**
- **VIGAS CON GANCHOS A 90° SIN SUFICIENTE ANCLAJE**

J. RIVERA  
INGENIEROS

# PLANOS

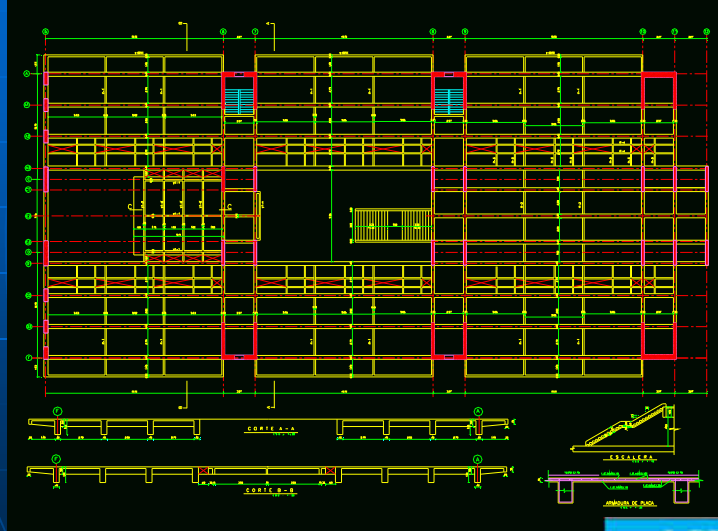


PISO TIPO BLOQUE #1

J. RIVERA  
INGENIEROS



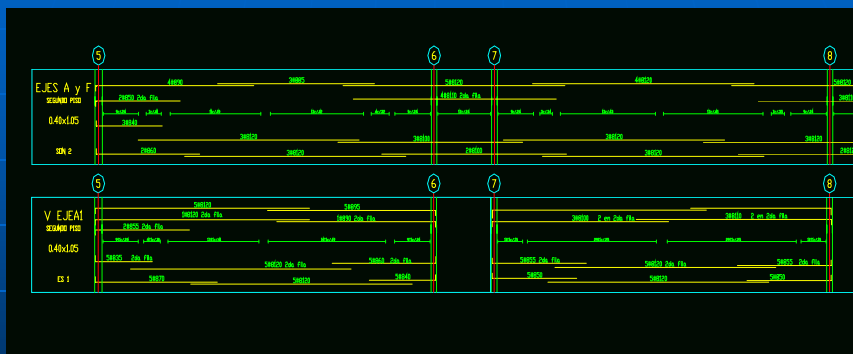
# PLANOS



PISO 2 BLOQUE # 2

J. RIVERA  
INGENIEROS

# PLANOS



PISO 2 BLOQUE # 2

J. RIVERA  
INGENIEROS

## ACTAS COMITES DE OBRA

- **Placas macizas:** Fundidas in situ x prelosas
- **Contraflechas:** 3cm en luces 15 y 18m
- **Columnas:** Camisas de carbono ??
- **Fisuras:** Viga A eje 10 Piso 2 Bloque 2
- **Refuerzo en caras vigas:** 50% piso 3 y piso 4
- **Resistencias del concreto:** OK!
- **Cambios rampa metálica Bloque #1**

J. RIVERA  
INGENIEROS

## COMPONENTES DEL ESTUDIO

**MAPEO Y SANIDAD ESTRUCTURAL:**  
Mapeo de elementos  
Apiques  
Ensayos del concreto y del acero  
Levantamiento estructural

J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL

- Extracción de núcleos
- Carbonatación
- Resistencia del concreto
- Módulo de elasticidad del concreto
- Resistencia del acero
- Verificación de cuantías de refuerzo
- Geometría de elementos
- Levantamiento de fisuras
- Ultrasonidos
- Esclerometría



J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE PATOLOGÍA ESTRUCTURAL



J. RIVERA  
INGENIEROS

## COMPONENTES DEL ESTUDIO

**ANALISIS DE VULNERABILIDAD:** Índices de sobre esfuerzo  
Índices de flexibilidad  
Índices de vulnerabilidad

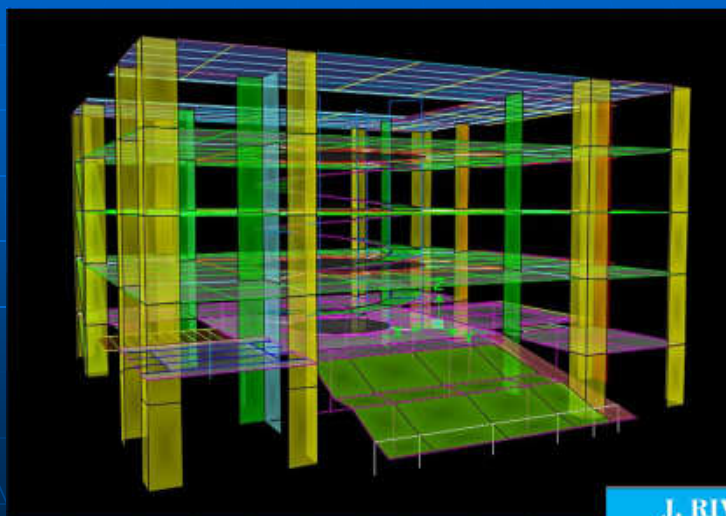
**DISEÑO DEL REFORZAMIENTO:** Memorias y planos

**ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION**

**CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

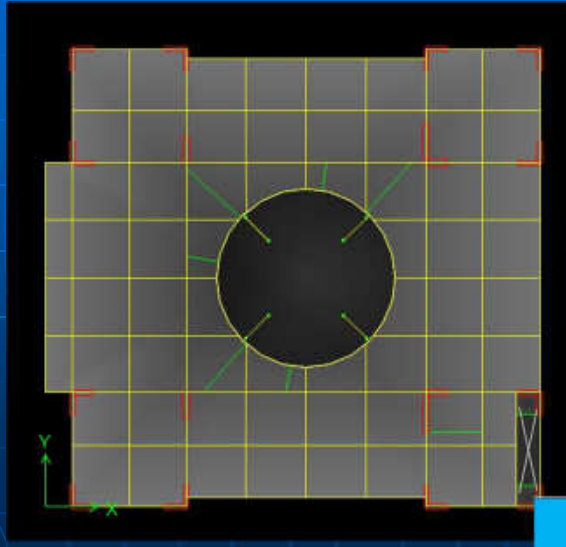
J. RIVERA  
INGENIEROS

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #1



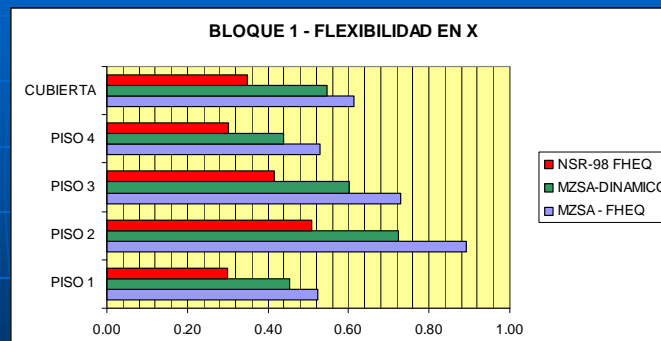
J. RIVERA  
INGENIEROS

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #1



J. RIVERA  
INGENIEROS

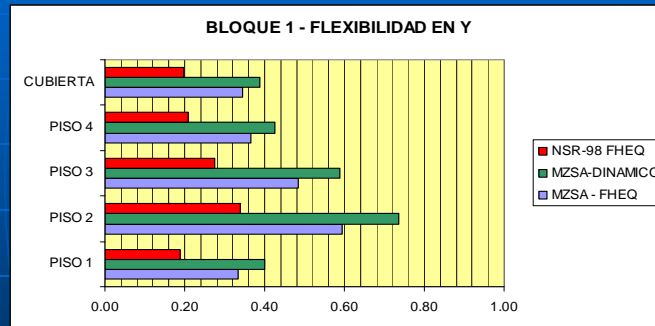
## INDICES DE FLEXIBILIDAD BLOQUE 1



**DERIVAS <0.82% OK!**

J. RIVERA  
INGENIEROS

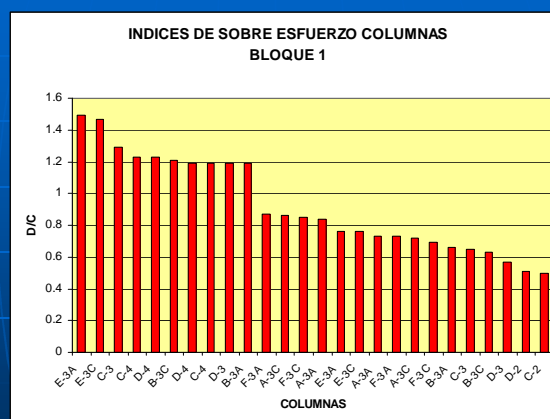
## INDICES DE FLEXIBILIDAD BLOQUE 1



**DERIVAS <0.72% OK!**

**J. RIVERA  
INGENIEROS**

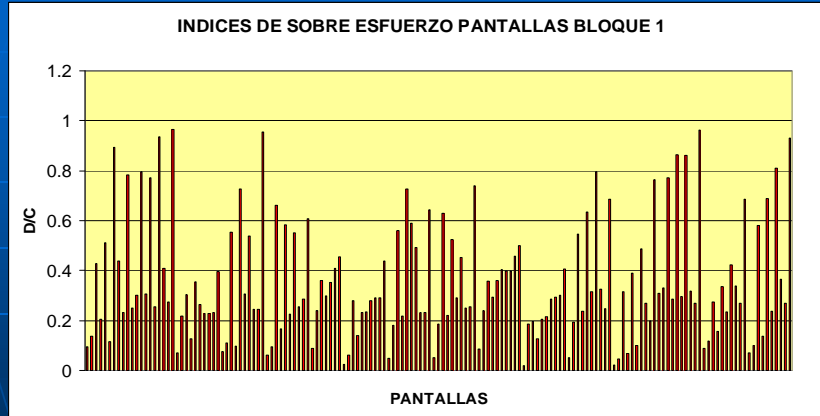
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO COLUMNAS BLOQUE 1



**COLUMNAS SOTANO**

**J. RIVERA  
INGENIEROS**

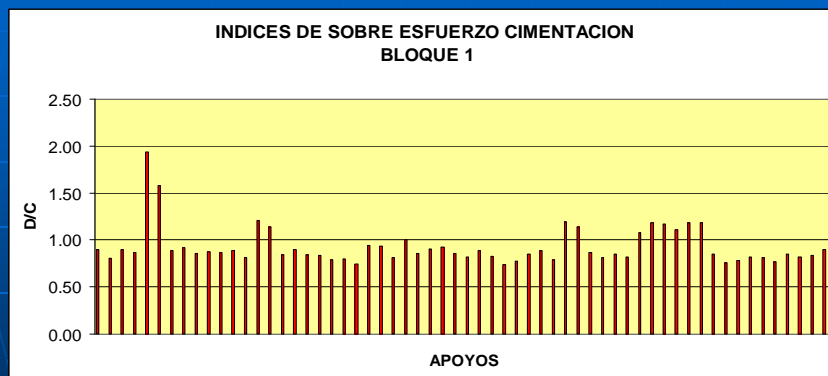
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO PANTALLAS BLOQUE 1



**PANTALLAS OK!**

J. RIVERA  
INGENIEROS

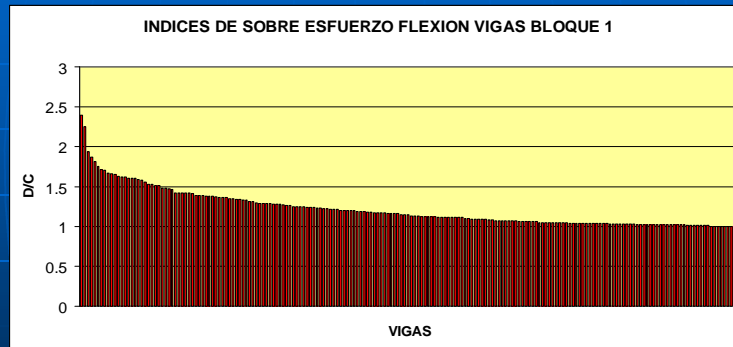
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO CIMENTACION BLOQUE 1



**CIMENTACION OK!**

J. RIVERA  
INGENIEROS

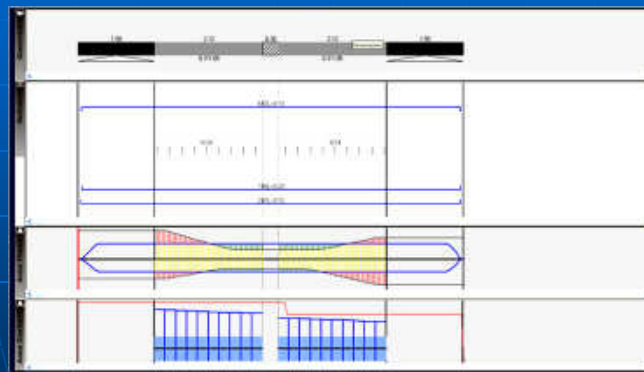
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 1



VIGAS EXTREMOS A Y F  
VIGAS SOPORTE RAMPA METALICA  
VIGAS CON CUANTIA < CALCULADA

J. RIVERA  
INGENIEROS

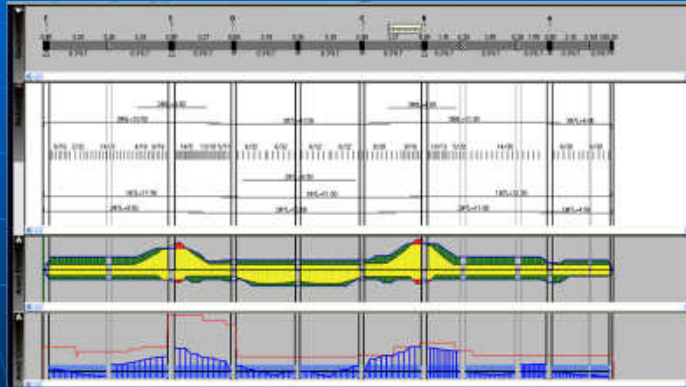
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 1



J. RIVERA  
INGENIEROS



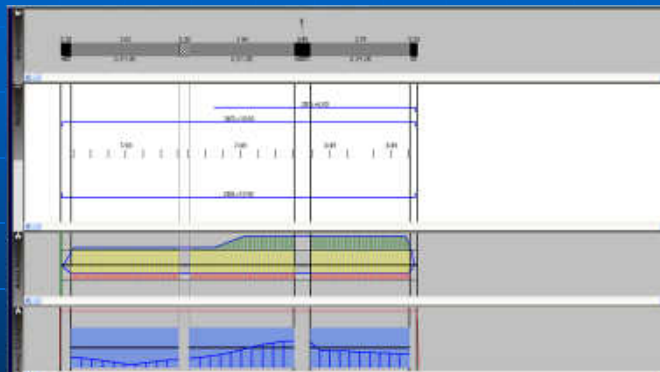
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 1



J. RIVERA  
INGENIEROS

V3C PISO 1  
VIGAS SOPORTE RAMPA METALICA

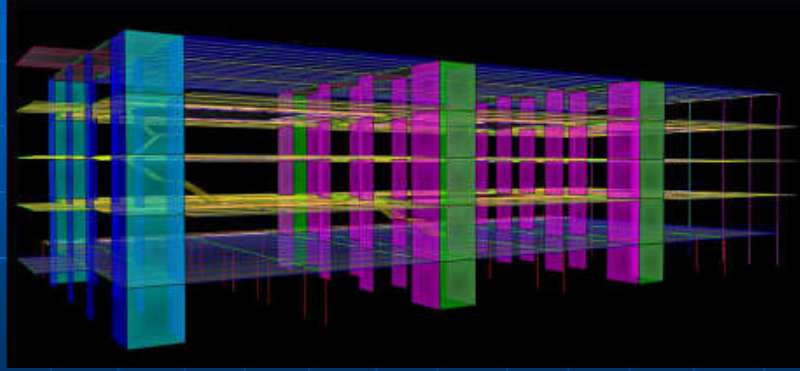
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 1



J. RIVERA  
INGENIEROS

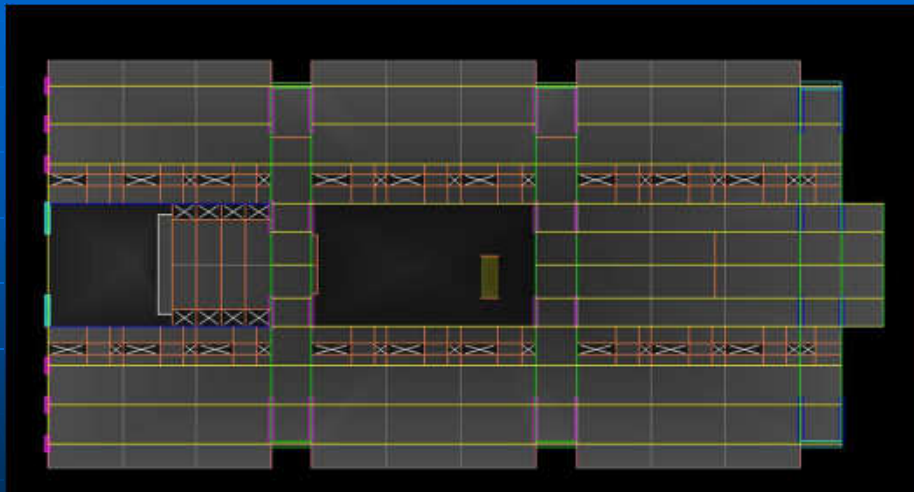
VIGA 3A PISO 2  
VIGAS CON CUANTIA < CALCULADA

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



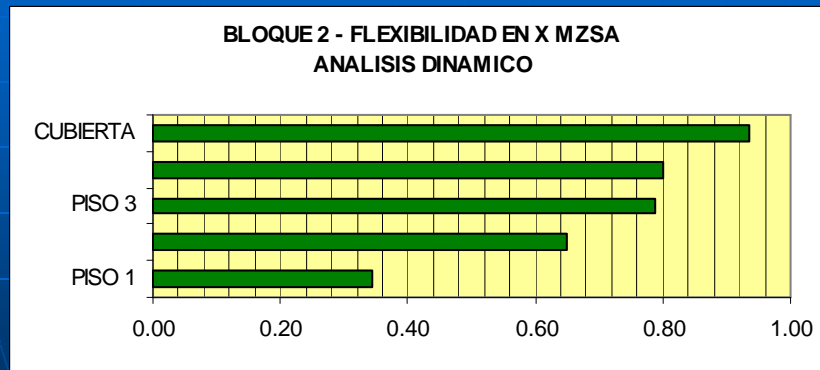
J. RIVERA  
INGENIEROS

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



J. RIVERA  
INGENIEROS

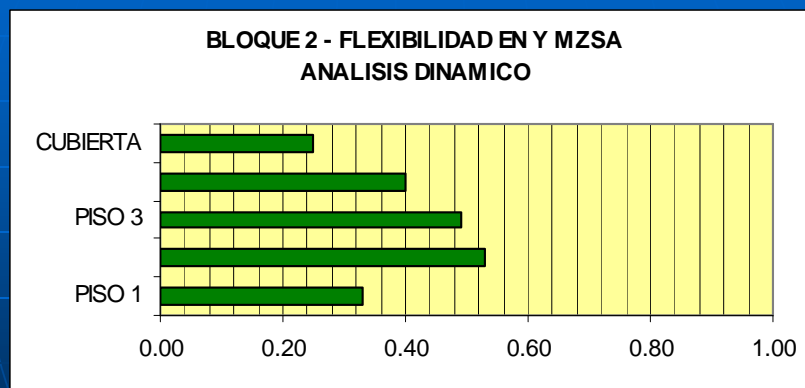
## INDICES DE FLEXIBILIDAD BLOQUE 2



**DERIVAS <0.93% OK!**

J. RIVERA  
INGENIEROS

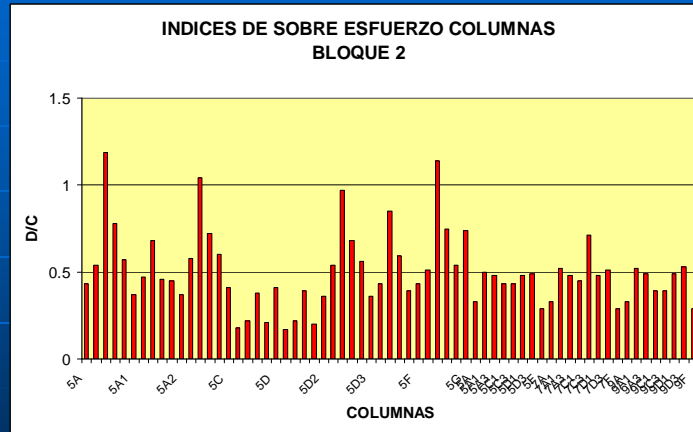
## INDICES DE FLEXIBILIDAD BLOQUE 2



**DERIVAS <0.53% OK!**

J. RIVERA  
INGENIEROS

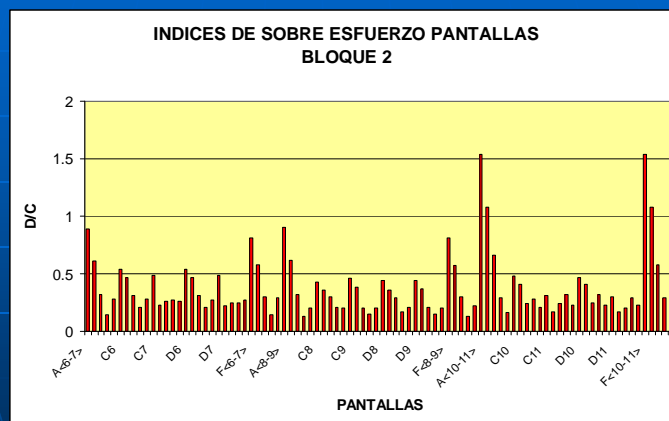
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO COLUMNAS BLOQUE 2



COLUMNAS SOTANO ~OK!

J. RIVERA  
INGENIEROS

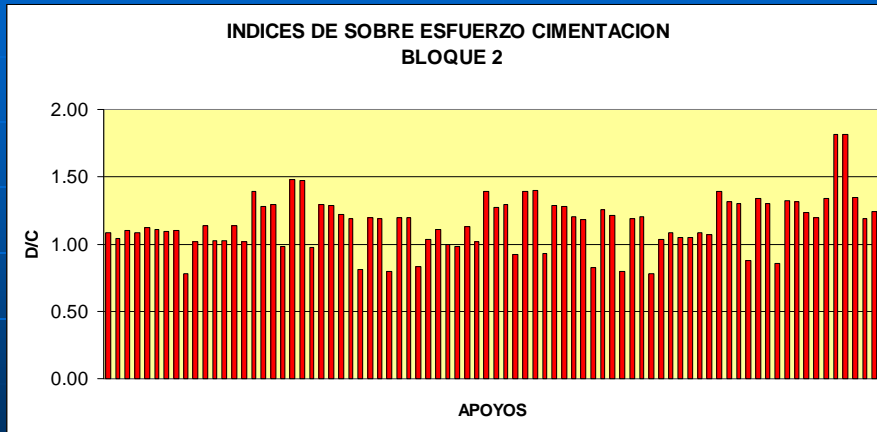
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO PANTALLAS BLOQUE 2



PANTALLAS OK!

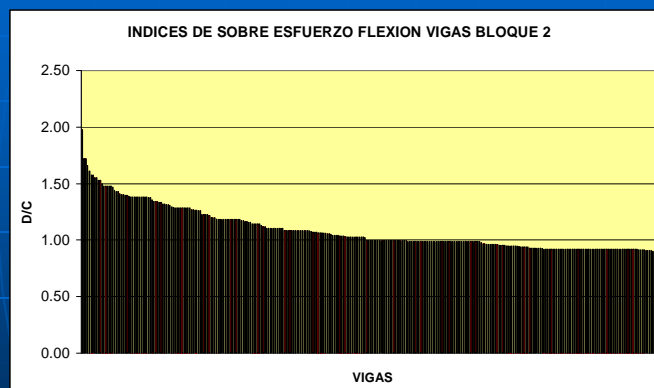
J. RIVERA  
INGENIEROS

## INDICES DE SOBRE ESFUERZO CIMENTACION BLOQUE 2



J. RIVERA  
INGENIEROS

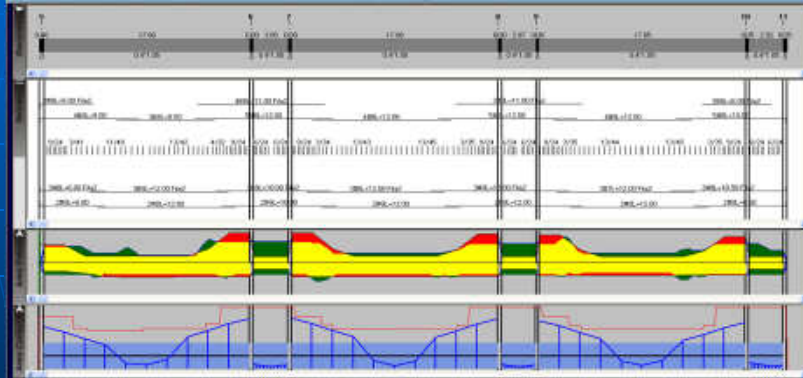
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 2



LAS MAS SOBRE ESFORZADAS SON LAS VIGAS  
VA-VF Y VT2 Y VT3

J. RIVERA  
INGENIEROS

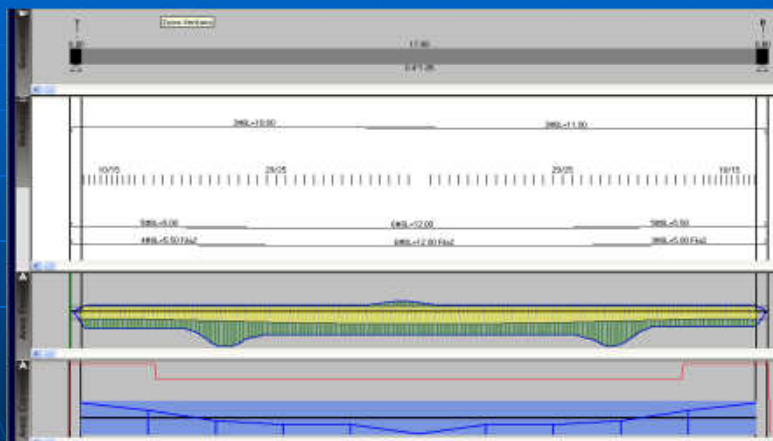
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 2



J. RIVERA  
INGENIEROS

VIGAS EXTREMOS A Y F  
VIGAS CON CUANTIA < CALCULADA

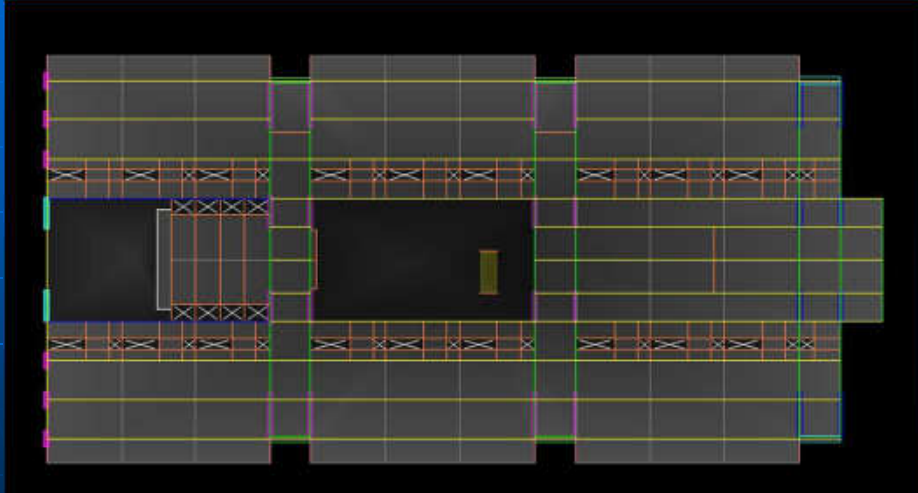
## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 2



J. RIVERA  
INGENIEROS

VIGAS A1 Y D3

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2

1.440.391.56	0.22	0.00	3.59		3.53	0.00	3.46		3.52	0.00	0.22	1.540.384.50
0.720.540.78	3.16	4.16	1.73	13.2638.00	0.79	2.19	0.82	13.2088.00	1.81	4.21	3.19	0.770.510.75
			63.91	0.004.300.3.79			14.17	0.004.300.3.69			62.02	
			29.35	9.994.810.00			29.73	9.794.710.00			28.57	
				0.004.300.3.79				0.004.300.3.69				
			2.32	0.137.619.52			0.58	0.247.529.32			2.27	
			19.95				31.62				20.08	
				2.650.000.00				2.490.000.00				
				0.137.619.52				0.247.529.32				
			43.51				13.39				42.20	
			20.60				31.08				20.02	

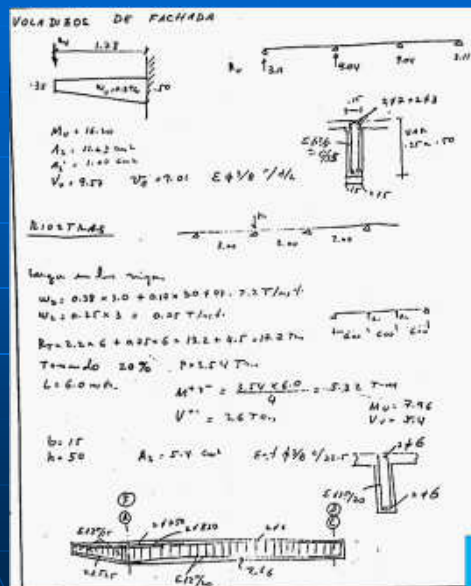
**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## RIOSTRAS



**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



**J. RIVERA  
INGENIEROS**







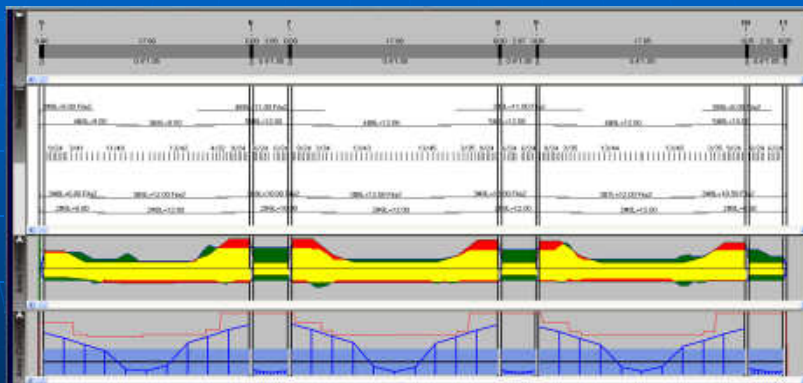


## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2

0.22	0.00	3.59	3.53	0.00	3.46	3.52	0.00	0.22
3.16	4.16	1.73	0.79	2.19	0.82	1.81	4.21	3.19
		63.91		14.17		62.02		
		29.35		29.73		28.57		
		2.32		0.58		2.27		
		19.95		31.62		20.08		
		43.51		13.39		42.20		
		20.60		31.08		20.02		

J. RIVERA  
INGENIEROS

## INDICES DE SOBRE ESFUERZO FLEXION VIGAS BLOQUE 2



VIGAS EXTREMOS A Y F  
VIGAS CON CUANTIA < CALCULADA

J. RIVERA  
INGENIEROS

## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



J. RIVERA  
INGENIEROS

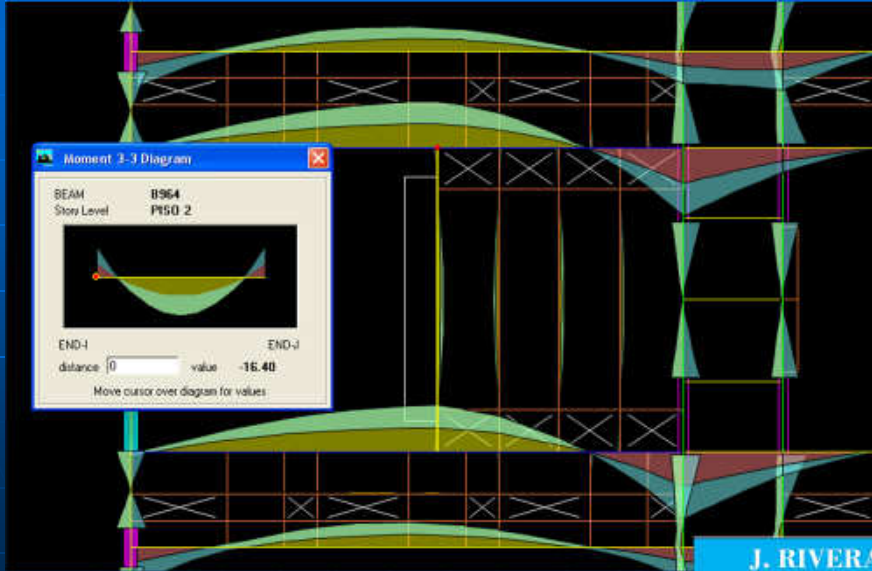
## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



J. RIVERA  
INGENIEROS

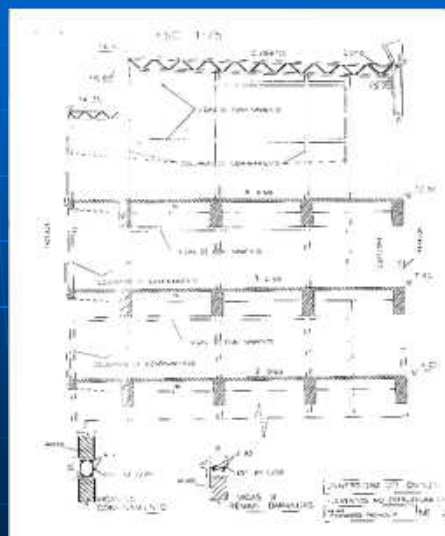


## MODELO ESTRUCTURAL BLOQUE #2



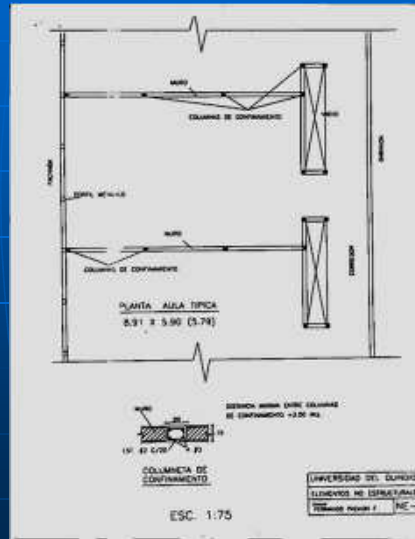
J. RIVERA  
INGENIEROS

## MUROS DIVISORIOS COMO ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



J. RIVERA  
INGENIEROS

## MUROS DIVISORIOS COMO ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



J. RIVERA  
INGENIEROS

## MUROS DIVISORIOS COMO ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES



J. RIVERA  
INGENIEROS



## INDICES DE VULNERABILIDAD

EDIFICIO	BLOQUE #1	BLOQUE #2
VULNERABILIDAD POR FLEXIBILIDAD	1.08	1.12
VULNERABILIDAD POR SOBRE ESFUERZO	0.51	0.42

J. RIVERA  
INGENIEROS

## LAS CAUSAS DEL PROBLEMA



J. RIVERA  
INGENIEROS

## LAS CAUSAS DEL PROBLEMA



NOTICRETO # 54- ENERO 2000

## LAS CAUSAS DEL PROBLEMA



## LAS CAUSAS DEL PROBLEMA



J. RIVERA  
INGENIEROS

## LAS CAUSAS DEL PROBLEMA



J. RIVERA  
INGENIEROS

## EN RESUMEN

- No hay problemas de flexibilidad
- Detalles de despiece para estructura tipo DMO
- Columnas del sótano relativamente débiles
- Cimentación adecuada
- Pantallas sin sobre esfuerzos
- Algunas vigas del Bloque #1 tienen menos refuerzo del calculado para soportar las cargas sísmicas y verticales

J. RIVERA  
INGENIEROS

## EN RESUMEN

- Los muros divisorios, como elementos no estructurales, están adosados a la estructura principal que por sus grandes luces tienen deflexiones importantes.
- Los muros seguirán dañándose de no tomar correctivos
- La mayoría de las pequeñas fisuras las vigas son debidas a la falta de refuerzo en las caras verticales, pero no comprometen la estabilidad de los elementos.

J. RIVERA  
INGENIEROS

## EN RESUMEN

- Las riostras R1 están cambiando la ruta de carga prevista por el diseñador, sobre esforzando las vigas V-A y V-F en el Bloque #2, zona donde se presentó el colapso del muro en Septiembre de 2005
- Las vigas V-A y V-F del Bloque #2 están sobre esforzadas por cargas verticales solas. Presentan agrietamiento apreciable.

J. RIVERA  
INGENIEROS

## EN RESUMEN

- Los problemas estructurales están principalmente localizados en vigas V-A y V-F y en las VT-2 y VT-3 del Bloque #2.
- Debe plantearse alternativas de reforzamiento para estas zonas.

J. RIVERA  
INGENIEROS

## RECOMENDACIONES

- Ocupar el Bloque #1 sin restricciones.
- Permitir acceso restringido al Bloque #2 solamente a personal con autorización especial
- Reforzar las vigas afectadas a la menor brevedad.
- Proceder al reforzamiento de otros elementos que también lo requieren

J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO

### ■ OPCIONES

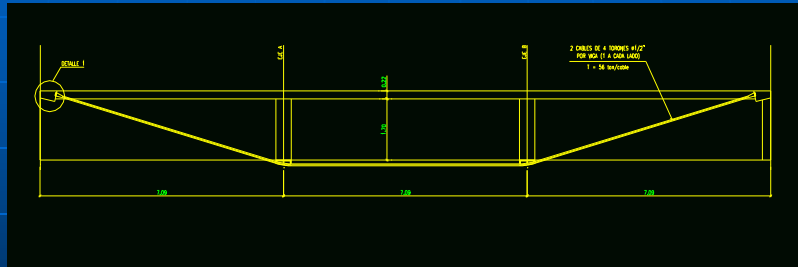
- ENCAMISADO DE VIGAS
- CONSTRUCCION DE COLUMNAS
- AMPLIACION DE MUROS ESTRUCTURALES
- FIBRAS DE CARBONO
- ARRIOSTRAMIENTO METALICO
- CABLES

### ■ RESTRICCIONES

- TIEMPO
- ARQUITECTONICAS
- IMAGEN DEL EDIFICIO
- INTERVENCION LIMPIA
- COSTO

J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO



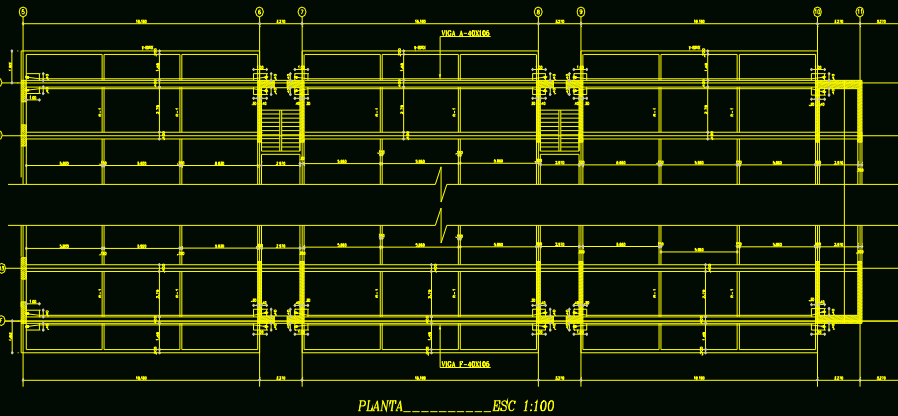
J. RIVERA  
INGENIEROS

## ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE REFORZAMIENTO



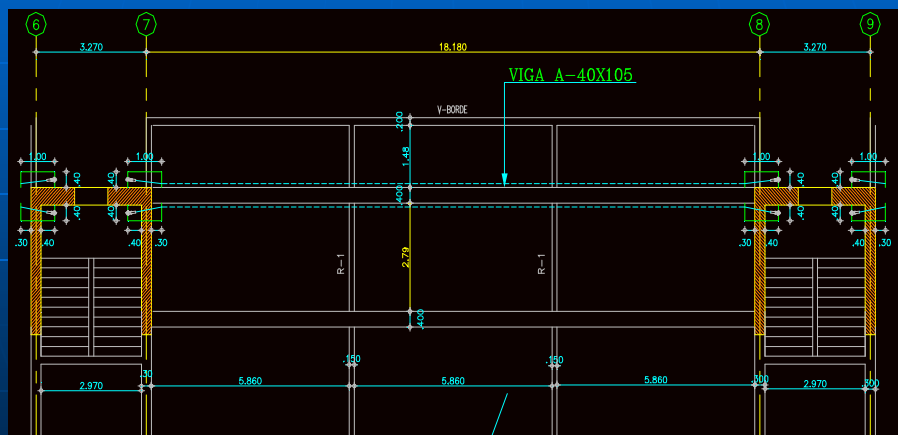
J. RIVERA  
INGENIEROS

## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



J. RIVERA  
INGENIEROS

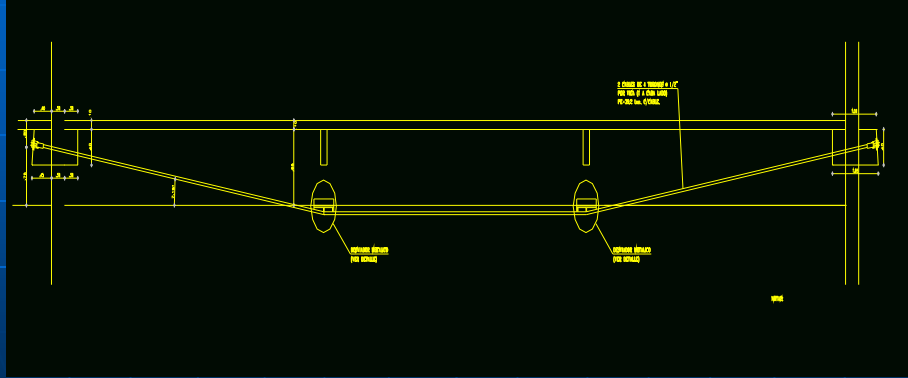
## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



J. RIVERA  
INGENIEROS



## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### MATERIALES



Tuberías de 32 mm polietileno de alta densidad con protección UV

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### MATERIALES



Cables de presfuerzo

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### MATERIALES



Desviadores

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### MATERIALES



Ducto metálico

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### MATERIALES



Estribos y espirales

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



J. RIVERA  
INGENIEROS

Postensado de las vigas mediante la colocación de 4 torones de  $\frac{1}{2}$ " por cada lado de las caras verticales de las vigas

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



Construcción de dados

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



Colocación de torones

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



Instalación de ductos y platinas desviadoras

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



Tensionamiento de los cables con una fuerza de 56 Ton en el gato

J. RIVERA  
INGENIEROS

## PREESFUERZO DE VIGAS A Y F

### PROCESO DE POSTENSADO



Tensionamiento de los cables con una fuerza de 56 Ton en el gato

J. RIVERA  
INGENIEROS



## ■ REFORZAMIENTO DE VIGAS CON PLATINAS DE FIBRAS DE CARBONO



J. RIVERA  
INGENIEROS

## ENCAMIZADO DE VIGAS Y COLUMNAS CON FIBRAS DE CARBONO

### ALGUNAS VIGAS DEL BLOQUE 1



J. RIVERA  
INGENIEROS

Las platinas se colocan en las placas de entrepiso y otras en las caras verticales de las vigas para facilitar su colocación



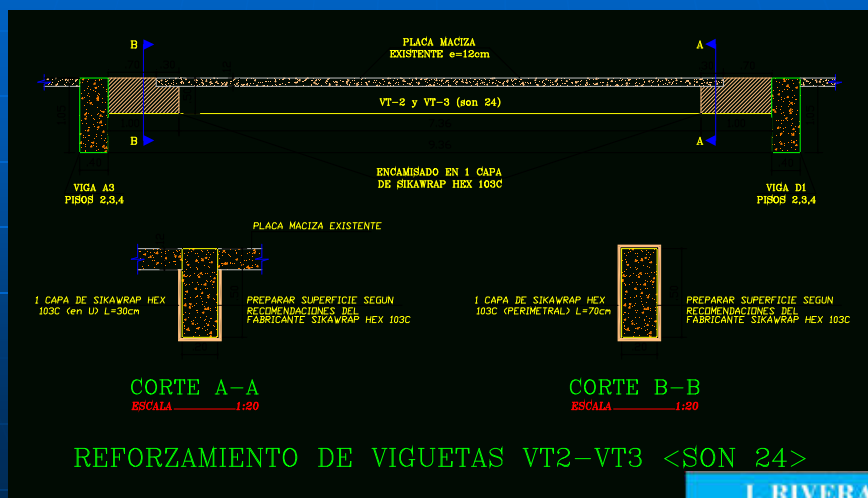
# REFORZAMIENTO DE VIGAS CON PLATINAS DE FIBRAS DE CARBONO



**VIGAS DEL BLOQUE 1**

**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



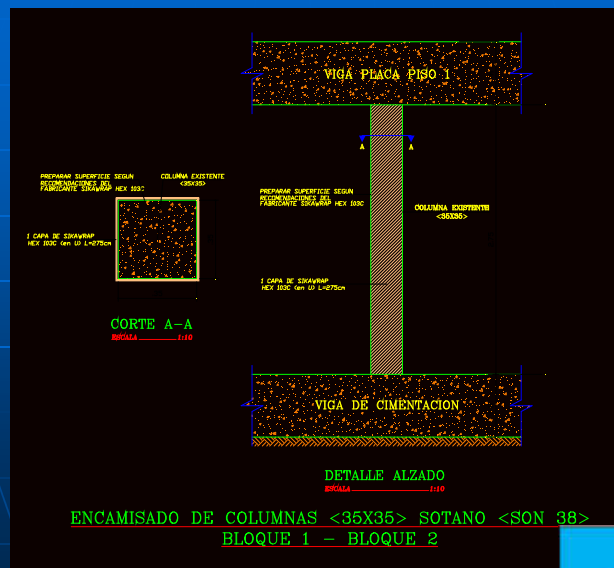
**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## REFORZAMIENTO DE VIGAS CON FIBRAS DE CARBONO



J. RIVERA  
INGENIEROS

## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



J. RIVERA  
INGENIEROS

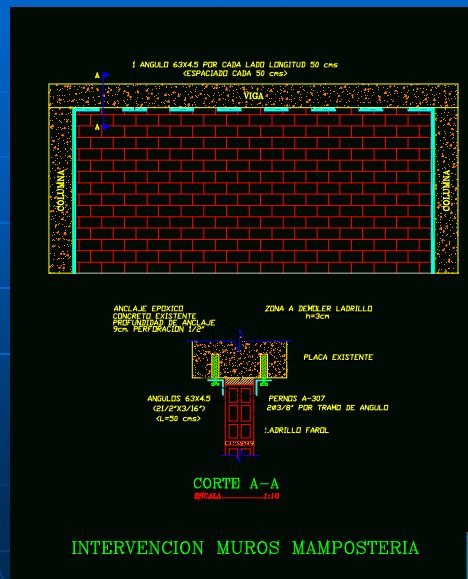
# REFORZAMIENTO DE COLUMNAS CON FIBRAS DE CARBONO

J. RIVERA  
INGENIEROS



COLUMNAS DEL SOTANO DE SECCION 35X35 BLOQUES 1 Y 2

## PROPUESTA DE REFORZAMIENTO



J. RIVERA  
INGENIEROS

## **MUROS NO ESTRUCTURALES**



**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## **PROPUESTA DE REFORZAMIENTO**

**PLANOS DE CONSTRUCCION**

**PRESUPUESTO DE OBRA**

**ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCION**

## CONCLUSIONES

- EDIFICIO CON CAPACIDAD DMO NO DES
- VIGAS VA Y VF PISOS 2, 3 Y 4 A  
REFORZAR CON CABLES POSTENSADOS
- VIGUETAS VT2 Y VT3 Y COLUMNAS DE  
PRIMER PISO A REFORZAR CON FIBRAS  
DE CARBONO
- VIGAS VA Y VF Y ALGUNAS VIGAS  
CENTRALES PISO 1 BLOQUE 1 A  
REFORZAR CON PLATINAS DE CARBONO

J. RIVERA  
INGENIEROS

## CONCLUSIONES

- MUROS DIVISORIOS SEPARLOS DE LA  
ESTRUCTURA PRINCIPAL
- REPARAR PISOS Y MUROS  
DETERIORADOS
- LA ESTRUCTURA REFORZADA QUEDA CON  
INDICES DE VULNERABILIDAD  
ACEPTABLES.

J. RIVERA  
INGENIEROS

## **CONCLUSIONES**

**Con la intervención propuesta se logra mejorar el comportamiento estructural del edificio ante cargas verticales y laterales, se mejora el comportamiento de los elementos no estructurales y se disminuyen hasta valores tolerables los índices de sobre esfuerzo y de vulnerabilidad de la edificación.**

**J. RIVERA  
INGENIEROS**

## **ESTUDIO VULNERABILIDAD Y REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL**

**EDIFICIO DE LAS FACULTADES DE  
CIENCIAS BASICAS, CIENCIAS  
HUMANAS Y TECNOLOGICAS**

**UNIVERSIDAD DEL QUINDIO**

**ING. JOSE ANTONIO RIVERA ZULUAGA**

**J. RIVERA  
INGENIEROS**