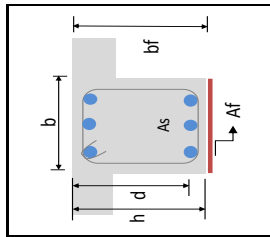




ANEXOS

REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 1A

PROPIEDADES DE LA VIGA



PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	Número de capas de FRP
bi =	Ancho de la capa de FRP
ti =	Esesor por capa de FRP sección compuesta
Ai =	Área del refuerzo de FRP
fiu =	Resistencia de tensión última típica de ensayo
εui =	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
Ef =	Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo
Ci =	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
fiu =	Resistencia de tensión última de diseño
εui =	Deformación unitaria de ruptura de diseño
Eui =	Deformación por delaminación de CFRP

b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f'c =	350.00	kg/cm²
fy =	4,200.00	kg/cm²
Es =	2.00E+06	kg/cm²
Ec =	280,624.30	kg/cm²
n =	7.13	
∅s =	1"	
N barras =	2	
As =	10.20	cm²

Esa =	0.002		
Esu =	0.003		
ft =	37.42	kg/cm²	
ebi =	65% ebs	0.000773	Deformación existente

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm⁴

Flexión - Agrietamiento

c =	39.15	cm
εs =	0.000127801	
f'c =	43,301097	kg/cm²
εs =	0.00013	
Cc =	21.42	ton
εs =	0.00011	
fs =	227.50	kg/cm²
T =	2.32	ton
ef =	0.00000	
ff =	0.0	kg/cm²
Tf =	0.00	ton
Ttotal =	0.00	ton
ycc =	13.12	cm
Mcr =	11.59	ton-m
φ =	3.264E-06	

Flexión - Servicio

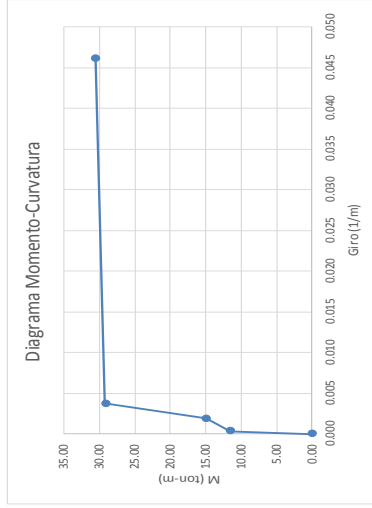
c =	16.78	cm
εs =	0.000332	
f'c =	101.76	kg/cm²
εs =	0.000119	
Cc =	21.96	ton
εs =	0.00108	
fs =	2152.27	kg/cm²
T =	21.95	ton
ef =	0.00000	
ff =	0.00	kg/cm²
Tf =	0.00	ton
Ttotal =	0.00	ton
ycc =	5.67	cm
Ms =	15.00	ton-m
φ =	1.881E-05	

Flexión - Fluencia

c =	17.21	cm
εs =	0.000636448	
f'c =	187.31	kg/cm²
εs =	0.00232	
Cc =	42.84	ton
εs =	0.00210	
fs =	4200.00	kg/cm²
T =	42.84	ton
ef =	0.00000	
ff =	0.00	kg/cm²
Tf =	0.00	ton
Ttotal =	0.00	ton
ycc =	5.91	cm
Mv =	29.17	ton-m
φ =	3.698E-05	

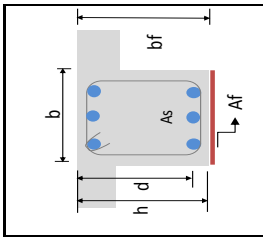
Flexión - Rotura

c =	6.50	cm
εs =	0.003	
f'c =	297.5	kg/cm²
εs =	0.03390	
Cc =	42.84	ton
εs =	0.03113	
fs =	4200.00	kg/cm²
T =	42.84	ton
ef =	0.00000	
ff =	0.00	kg/cm²
Tf =	0.00	ton
Ttotal =	0.00	ton
ycc =	2.70	cm
Mn =	30.55	ton-m
φ =	4.613E-04	
Ductilidad	1.247E+01	



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 1B

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm	Ancho
h =	80.00	cm	Altura
d =	74.00	cm	Peralte efectivo
fc =	350.00	kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
fy =	4,200.00	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero
Es =	2.00E+06	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
Ec =	280,624.30	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del concreto
n =	7.13		Relación modular

∅ s =	1"		Diámetro de Acero de refuerzo
N barras =	2		Número de barras de acero de refuerzo
As =	10.20	cm ²	Área del refuerzo de acero

εsu =	0.002		
εsu =	0.003		
ft =	37.42	kg/cm ²	
εbt =	65% εbs	0.000742	

C =	40.00	cm	
A =	2000.00	cm	
I =	1.067E+06	cm ⁴	

Flexión - Agrietamiento

c =	39.15	cm	
εc =	0.000127801		
fc =	43.301097	kg/cm ²	
εt =	0.00013		
Cc =	21.42	ton	
εs =	0.00011		
fs =	227.50	kg/cm ²	
T =	2.32	ton	

εf =	0.00000		
ff =	0.0	kg/cm ²	
Tf =	0.00	ton	
Ttotal =	0.00	ton	
ycc =	13.12	cm	
Mcr =	11.59	ton-m	
φ =	3.264E-06		

Flexión - Fluencia

c =	17.81	cm	
εc =	0.000665652		
fc =	194.21	kg/cm ²	
εt =	0.00232		
Cc =	46.11	ton	
εs =	0.00210		
fs =	4200.00	kg/cm ²	
T =	42.84	ton	

εf =	0.00158		
ff =	1309.75	kg/cm ²	
Tf =	3.27	ton	
Ttotal =	0.00	ton	
ycc =	6.12	cm	
My =	31.50	ton-m	
φ =	3.737E-05		

Flexión - Rotura

c =	12.01	cm	
εc =	0.001482018		
fc =	326.523296	kg/cm ²	
εt =	0.00839		
Cc =	58.66	ton	
εs =	0.00765		
fs =	4200.00	kg/cm ²	
T =	42.84	ton	

εf =	0.00765		
ff =	6326.93	kg/cm ²	
Tf =	15.82	ton	
Ttotal =	0.00	ton	
ycc =	4.33	cm	
Mn =	39.92	ton-m	
φ =	1.234E-04		

Ductilidad	3.301E+00		
------------	-----------	--	--

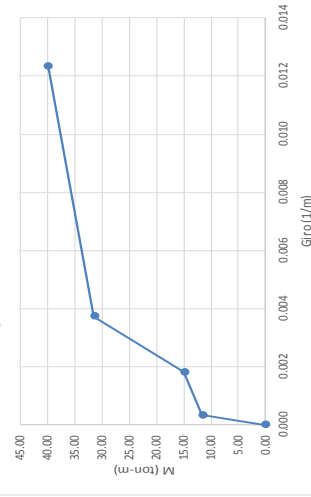
PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	1	Número de capas de FRP
br =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
tr =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
Ar =	2.50	cm ² Área del refuerzo de FRP
fFu =	10,000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
εFu =	0.0100	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
Ef =	973,000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

Ce =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
fFu =	8,500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
εFu =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
Efu =	827,050.00	kg/cm ²
Efh =	0.00765	

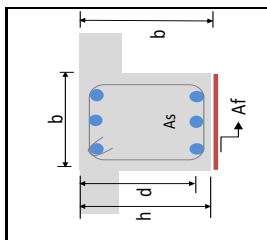
Tf =	19.10	ton	
Mf =	1268.25	ton.cm	

Diagrama Momento-Curvatura



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 1C

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f'c =	350.00	kg/cm ²
f'y =	4,200.00	kg/cm ²
E _s =	2.00E+06	kg/cm ²
E _c =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	

Ø s =	1"	Diámetro de Acero de refuerzo
N barras =	2	Número de barras de acero de refuerzo
A _s =	10.20	cm ²

E _{so} =	0.02	
E _{soi} =	0.03	
ft =	37.42	kg/cm ²
ebi =	65% ebs	0.000714

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

c =	39.15	cm
ε _c =	0.000127801	
f _c =	43.301097	kg/cm ²
ε _s =	0.00013	
C _c =	21.42	ton
ε _s =	0.00011	
f _s =	227.50	kg/cm ²
T =	2.32	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	13.12	cm
M _{cr} =	11.59	ton-m
φ =	3.264E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	2	Número de capas de FRP
b _r =	25.00	cm
t _r =	0.10	cm
A _r =	5.00	cm ²
f _{tu} =	10,000.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0100	
E _r =	973,000.00	kg/cm ²

C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{tu} =	8,500.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0085	Resistencia de tensión última de diseño
E _{ru} =	827,050.00	kg/cm ²
E _{ri} =	0.00608	Deformación unitaria de ruptura de diseño

T _r =	19.10	ton
M _r =	1268.25	ton.cm

Flexión - Rctura

c =	14.11	cm
ε _c =	0.001453802	
f _c =	323.895894	kg/cm ²
ε _s =	0.00679	
C _c =	68.00	ton

ε _s =	0.00617	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	42.84	ton

ε _f =	0.00608	
f _f =	5032.37	kg/cm ²
T _f =	25.16	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	5.08	cm

M _n =	45.38	ton-m
φ =	1.030E-04	

Ductilidad	2.727E+00	
------------	-----------	--

Flexión - Fluencia

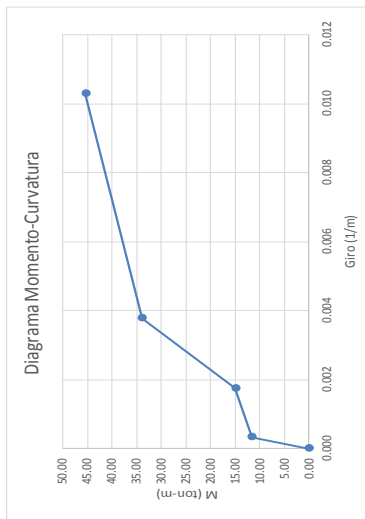
c =	18.41	cm
ε _c =	0.000695472	
f _c =	201.09	kg/cm ²
ε _s =	0.00233	
C _c =	49.52	ton

ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	42.84	ton

ε _f =	0.00162	
f _f =	1336.65	kg/cm ²
T _f =	6.68	ton

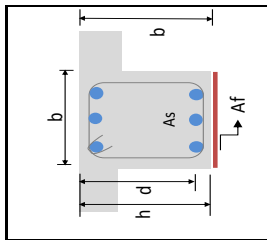
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	6.34	cm

M _y =	33.92	ton-m
φ =	3.778E-05	



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 1D

PROPIEDADES DE LA VIGA



C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm ²
I =	1.067E+06	cm ⁴

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	3	Número de capas de FRP
br =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
tr =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
Ar =	7.50	cm ² Área del refuerzo de FRP
f _{fr} =	10.000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
E _{fr} =	0.0100	kg/cm ² Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
E _r =	973.000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{fr} =	8.500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
E _{fr} =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
E _{ru} =	827.050.00	kg/cm ²
E _{rl} =	0.00497	

T _r =	19.10	ton
M _r =	1268.25	ton.cm

Flexión - Agrietamiento

C =	39.15	cm
ε _s =	0.000127801	
f _c =	43.301097	kg/cm ²
ε _i =	0.00013	
C _c =	21.42	ton
ε _s =	0.00011	
f _s =	227.50	kg/cm ²
T =	2.32	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	13.12	cm
M _{cr} =	11.59	ton-m
φ =	3.264E-06	

Flexión - Servicio

C =	17.60	cm
ε _s =	0.00030	
f _c =	96.67	kg/cm ²
ε _i =	0.00106	
C _c =	21.83	ton
ε _s =	0.00096	
f _s =	1913.48	kg/cm ²
T =	19.52	ton

ε _f =	0.00037	
f _f =	308.51	kg/cm ²
T _f =	2.31	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	5.94	cm
M _s =	15.00	ton-m
φ =	1.696E-05	

Flexión - Fluencia

C =	19.01	cm
ε _s =	0.000725819	
f _c =	207.94	kg/cm ²
ε _i =	0.00233	
C _c =	53.05	ton
ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	42.84	ton

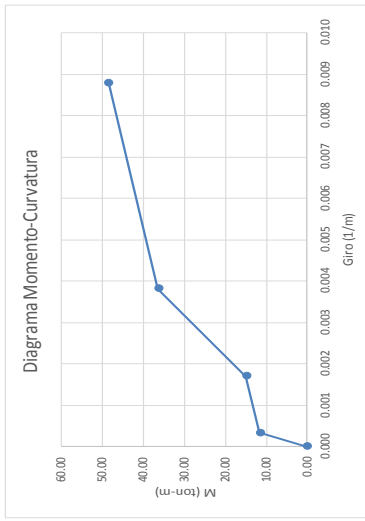
ε _f =	0.00165	
f _f =	1362.00	kg/cm ²
T _f =	10.21	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	6.55	cm
M _y =	36.41	ton-m
φ =	3.819E-05	

Flexión - Ruptura

C =	15.79	cm
ε _s =	0.001387246	
f _c =	317.146635	kg/cm ²
ε _i =	0.00564	
C _c =	73.66	ton
ε _s =	0.00512	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	42.84	ton

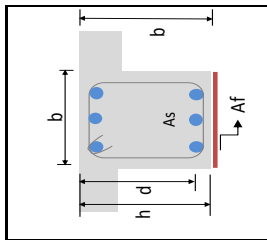
ε _f =	0.00497	
f _f =	4108.91	kg/cm ²
T _f =	30.82	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	5.66	cm
M _n =	48.53	ton-m
φ =	8.788E-05	

Ductilidad	2.301E+00	
------------	-----------	--



Anexo 4 Diseño de viga 1D

REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 2A



PROPIEDADES DE LA VIGA

b =	25.00	cm	Ancho
h =	80.00	cm	Altura
d =	74.00	cm	Peralte efectivo
f'c =	350.00	kg/cm ²	Resistencia a la compresión del concreto
f'y =	4,200.00	kg/cm ²	Esfuerzo de fluencia del acero
E _s =	2.00E+06	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del acero
E _c =	280,624.30	kg/cm ²	Módulo de elasticidad del concreto
n =	7.13		Relación modular

Ø s =	1"		Diámetro de Acero de refuerzo
N barras =	4		Número de barras de acero de refuerzo
A _s =	20.40	cm ²	Área del refuerzo de acero

E _{co} =	0.02		
E _{cu} =	0.003		
f _t =	37.42	kg/cm ²	
ebi =	65% ebs	0.000401	

C =	40.00	cm	
A =	2000.00	cm	
I =	1.067E+06	cm ⁴	

Flexión - Agrietamiento

C =	40.24	cm	
ε _s =	0.00013492		
f _c =	45.629095	kg/cm ²	
ε _i =	0.00013		
Cc =	23.22	ton	
ε _s =	0.00011		
f _s =	226.43	kg/cm ²	
T =	4.62	ton	

ε _f =	0.00000		
f _f =	0.0	kg/cm ²	
T _f =	0.00	ton	
T _{total} =	0.00	ton	
y _{cc} =	13.49	cm	
M _{cr} =	12.70	ton-m	
φ =	3.353E-06		

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =		Número de capas de FRP	
b _r =		Ancho de la capa de FRP	
t _r =	0.10	cm	Esesor por capa de FRP sección compuesta
A _r =	0.00	cm ²	Área del refuerzo de FRP
f _{tu} =	10,000.00	kg/cm ²	Resistencia de tensión última típica de ensayo
E _{tu} =	0.0100		Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
E _r =	973,000.00	kg/cm ²	Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

C _r =	0.85		Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{tu} =	8,500.00	kg/cm ²	Resistencia de tensión última de diseño
E _{tu} =	0.0085		Deformación unitaria de ruptura de diseño
E _{tu} =	827,050.00	kg/cm ²	
E _{ri} =	0.00000		

T _r =	18.60	ton	
M _r =	1241.31	ton.cm	

Flexión - Ruptura

C =	13.01	cm	
ε _s =	0.003		
f _c =	297.5	kg/cm ²	
ε _i =	0.01545		
Cc =	85.68	ton	

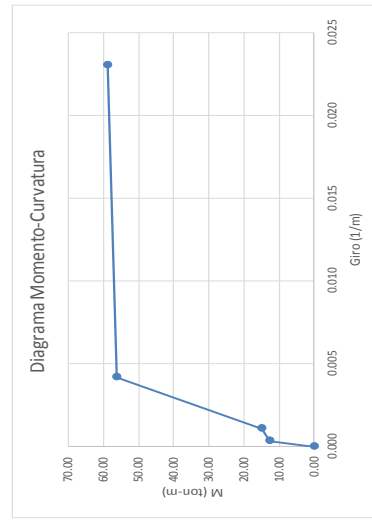
ε _s =	0.01407		
f _s =	4200.00	kg/cm ²	
T =	85.68	ton	

ε _f =	0.00000		
f _f =	0.00	kg/cm ²	
T _f =	0.00	ton	

T _{total} =	0.00	ton	
y _{cc} =	5.39	cm	

M _n =	58.78	ton-m	
φ =	2.306E-04		

Ductilidad	5.524E+00		
------------	-----------	--	--



Flexión - Fluencia

C =	23.70	cm	
ε _s =	0.000989494		
f _c =	260.65	kg/cm ²	
ε _i =	0.00235		
Cc =	85.68	ton	

ε _s =	0.00210		
f _s =	4200.00	kg/cm ²	
T =	85.68	ton	

ε _f =	0.00000		
f _f =	0.00	kg/cm ²	
T _f =	0.00	ton	

T _{total} =	0.00	ton	
y _{cc} =	8.29	cm	

M _y =	56.30	ton-m	
φ =	4.175E-05		

Flexión - Servicio

C =	22.39	cm	
ε _s =	0.00024		
f _c =	78.97	kg/cm ²	
ε _i =	0.00062		
Cc =	22.57	ton	

ε _s =	0.00055		
f _s =	1106.42	kg/cm ²	
T =	22.57	ton	

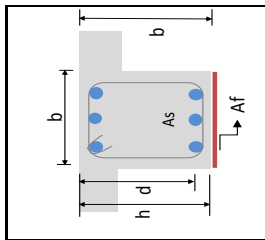
ε _f =	0.00000		
f _f =	0.00	kg/cm ²	
T _f =	0.00	ton	

T _{total} =	0.00	ton	
y _{cc} =	7.54	cm	

M _s =	15.00	ton-m	
φ =	1.072E-05		

REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 2B

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f'c =	350.00	kg/cm ²
fy =	4,200.00	kg/cm ²
Es =	2.00E+06	kg/cm ²
Ec =	280.624-30	kg/cm ²
n =	7.13	

φs =	1"	
N barras =	4	
As =	20.40	cm ²

εcu =	0.002	
ft =	37.42	kg/cm ²
ebi =	65% ebs	0.000393

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

C =	40.24	cm
εt =	0.00013492	
fc =	45.629095	kg/cm ²
εt =	0.00013	
Cc =	23.22	ton
εs =	0.00011	
fs =	226.43	kg/cm ²
T =	4.62	ton

εf =	0.00000	
ff =	0.0	kg/cm ²
Tf =	0.00	ton
Ttotal =	0.00	ton
ycc =	13.49	cm
Mcr =	12.70	ton-m
φ =	3.353E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	1	Número de capas de FRP
br =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
tr =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
Ar =	2.50	cm ² Área del refuerzo de FRP
ftr =	10,000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
εtu =	0.0100	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
Etr =	973,000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

Ct =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
ftr =	8,500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
εtu =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
Etr =	827,050.00	kg/cm ²
Etr =	0.00765	

Tt =	18.60	ton
Mt =	1241.31	ton.cm

Flexión - Ruptura

C =	16.85	cm
εt =	0.002144523	
fc =	342.412518	kg/cm ²
εt =	0.00804	
Cc =	101.50	ton

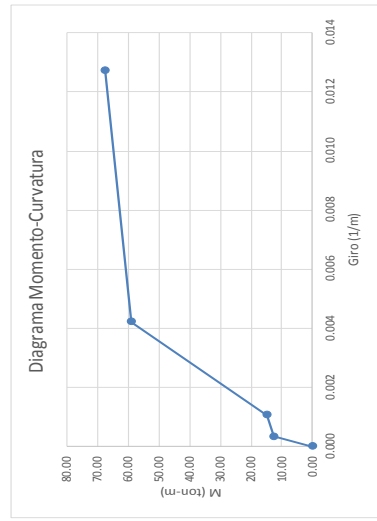
εs =	0.00727	
fs =	4200.00	kg/cm ²
T =	85.68	ton

εf =	0.00765	
ff =	6326.93	kg/cm ²
Tf =	15.82	ton

Ttotal =	0.00	ton
ycc =	6.40	cm

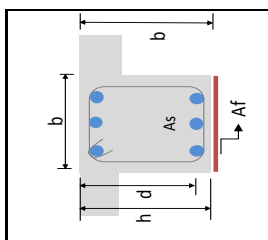
Mn =	67.67	ton-m
φ =	1.273E-04	

Ductilidad	3.018E+00	
------------	-----------	--



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 2C

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f _c =	350.00	kg/cm ²
f _y =	4,200.00	kg/cm ²
E _s =	2.00E+06	kg/cm ²
E _c =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	

∅ s =	1"	Diámetro de Acero de refuerzo
N barras =	4	Número de barras de acero de refuerzo
A _s =	20.40	cm ²

E _{so} =	0.02	
E _{soi} =	0.03	
f _t =	37.42	kg/cm ²
ebi =	65% ebs	0.000386

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

C =	40.24	cm
ε _c =	0.00013492	
f _c =	45.629095	kg/cm ²
ε _s =	0.00013	
C _c =	23.22	ton

ε _s =	0.00011	
f _s =	226.43	kg/cm ²
T =	4.62	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	13.49	cm

M _{cr} =	12.70	ton-m
φ =	3.353E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	2	Número de capas de FRP
b _r =	25.00	cm
t _r =	0.10	cm
A _r =	5.00	cm ²
f _{ru} =	10,000.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0100	
E _r =	973,000.00	kg/cm ²

C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{ru} =	8,500.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0085	Resistencia de tensión última de diseño
E _{ru} =	827,050.00	kg/cm ²
E _{rd} =	0.00608	Deformación unitaria de ruptura de diseño

T _r =	18.60	ton
M _r =	1241.31	ton.cm

Flexión - Rctura

C =	18.97	cm
ε _c =	0.002007423	
f _c =	349.610277	kg/cm ²
ε _s =	0.00646	
C _c =	110.84	ton

ε _s =	0.00582	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	85.68	ton

ε _f =	0.00608	
f _f =	5032.37	kg/cm ²
T _f =	25.16	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	7.12	cm

M _n =	72.65	ton-m
φ =	1.058E-04	

Ductilidad	2.484E+00	
------------	-----------	--

Flexión - Fluencia

C =	24.71	cm
ε _c =	0.001052762	
f _c =	271.49	kg/cm ²
ε _s =	0.00236	
C _c =	93.84	ton

ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	85.68	ton

ε _f =	0.00197	
f _f =	1632.82	kg/cm ²
T _f =	8.16	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	8.67	cm

M _y =	61.80	ton-m
φ =	4.269E-05	

Flexión - Servicio

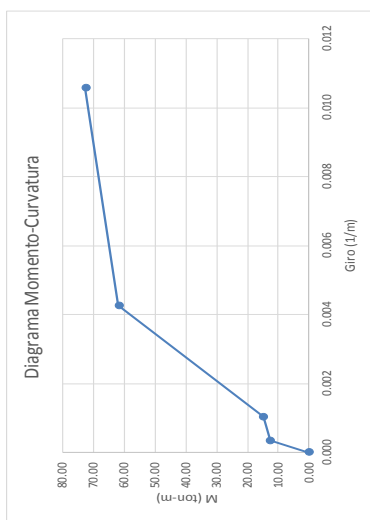
C =	22.75	cm
ε _c =	0.00024	
f _c =	77.63	kg/cm ²
ε _s =	0.00059	
C _c =	22.53	ton

ε _s =	0.00053	
f _s =	1062.19	kg/cm ²
T =	21.67	ton

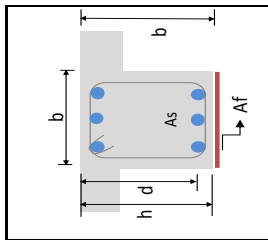
ε _f =	0.00021	
f _f =	172.59	kg/cm ²
T _f =	0.86	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	7.66	cm

M _s =	15.00	ton-m
φ =	1.036E-05	



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 2D



PROPIEDADES DE LA VIGA

b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
fc =	350.00	kg/cm ²
fy =	4,200.00	kg/cm ²
Es =	2.00E+06	kg/cm ²
Ec =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	
Relación modular		
Ø s =	1"	
N barras =	4	
As =	20.40	cm ²

Diámetro de Acero de refuerzo	
Número de barras de acero de refuerzo	
Área del refuerzo de acero	

ε _{co} =	0.002	
ε _{cu} =	0.003	
f _t =	37.42	kg/cm ²
ε _{bi} =	65%	ε _{bs}
	0.000378	

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

C =	40.24	cm
ε _s =	0.00013492	
f _c =	45.629095	kg/cm ²
ε _s =	0.00013	
C _c =	23.22	ton
ε _s =	0.00011	
f _s =	226.43	kg/cm ²
T =	4.62	ton
ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton
T _{total} =	0.00	ton
γ _{cc} =	13.49	cm
M _{cr} =	12.70	ton-m
φ =	3.353E-06	

Flexión - Servicio

C =	22.92	cm
ε _s =	0.00023	
f _c =	76.99	kg/cm ²
ε _s =	0.00038	
C _c =	22.52	ton
ε _s =	0.00052	
f _s =	1041.19	kg/cm ²
T =	21.24	ton
ε _f =	0.00021	
f _f =	169.66	kg/cm ²
T _f =	1.27	ton
T _{total} =	0.00	ton
γ _{cc} =	7.72	cm
M _s =	15.00	ton-m
φ =	1.019E-05	

Flexión - Fluencia

C =	25.21	cm
ε _s =	0.001084834	
f _c =	276.72	kg/cm ²
ε _s =	0.00236	
C _c =	98.00	ton
ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	85.68	ton
ε _f =	0.00199	
f _f =	1642.98	kg/cm ²
T _f =	12.32	ton
T _{total} =	0.00	ton
γ _{cc} =	8.87	cm
M _y =	64.59	ton-m
φ =	4.304E-05	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

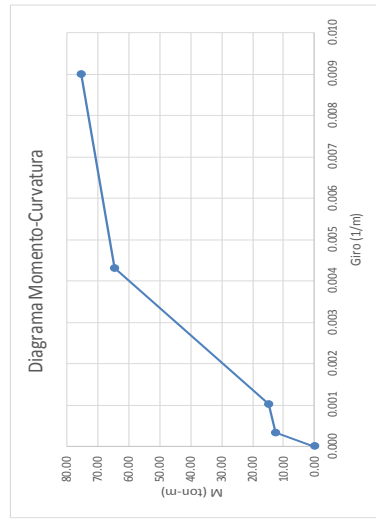
n =	3	Número de capas de FRP
b _r =	25.00	cm
t _r =	0.10	cm
A _r =	7.50	cm ²
f _{tu} =	10,000.00	kg/cm ²
ε _{tu} =	0.0100	
ε _r =	973,000.00	kg/cm ²

C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{tu} =	8,500.00	kg/cm ²
ε _{tu} =	0.0085	Resistencia de tensión última de diseño
ε _{tu} =	827,050.00	kg/cm ²
ε _{tu} =	0.00497	Deformación unitaria de ruptura de diseño

T _r =	18.60	ton
M _r =	1241.31	ton.cm

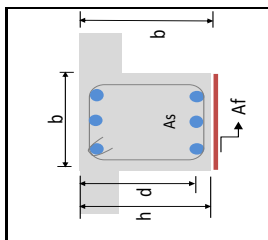
Flexión - Ruptura

C =	20.72	cm
ε _s =	0.001864214	
f _c =	348.386701	kg/cm ²
ε _s =	0.00533	
C _c =	116.50	ton
ε _s =	0.00479	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	85.68	ton
ε _f =	0.00497	
f _f =	4108.91	kg/cm ²
T _f =	30.82	ton
T _{total} =	0.00	ton
γ _{cc} =	7.69	cm
M _n =	75.44	ton-m
φ =	8.996E-05	
Ductilidad	2.090E+00	



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 3A

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f _c =	350.00	kg/cm ²
f _y =	4,200.00	kg/cm ²
E _s =	2.00E+06	kg/cm ²
E _c =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	

∅ s =	1"	Diámetro de Acero de refuerzo
N barras =	6	Número de barras de acero de refuerzo
A _s =	30.60	cm ²

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

c =	41.25	cm
ε _c =	0.000141968	
f _c =	47,925322	kg/cm ²
ε _s =	0.00013	
Cc =	25.02	ton
ε _s =	0.00011	
f _s =	225.37	kg/cm ²
T =	6.90	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	13.83	cm
M _{cr} =	13.80	ton-m
φ =	3.441E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =		Número de capas de FRP
b _r =		Ancho de la capa de FRP
t _r =	0.10	cm
A _r =	0.00	cm ²
f _{ru} =	10,000.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0100	
E _r =	973,000.00	kg/cm ²

C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{ru} =	8,500.00	kg/cm ²
E _{ru} =	0.0085	Resistencia de tensión última de diseño
E _{ru} =	827,050.00	kg/cm ²
E _{rd} =	0.00000	Deformación unitaria de ruptura de diseño

T _r =	18.12	ton
M _r =	1215.68	ton.cm

Flexión - Rctura

c =	19.51	cm
ε _c =	0.003	
f _c =	297.5	kg/cm ²
ε _s =	0.00930	
Cc =	128.52	ton

ε _s =	0.00838	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.00	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	8.09	cm

M _n =	84.71	ton-m
φ =	1.538E-04	

Ductilidad	3.328E+00	
------------	-----------	--

Flexión - Fluencia

c =	28.55	cm
ε _c =	0.001318961	
f _c =	309.42	kg/cm ²
ε _s =	0.00238	
Cc =	128.52	ton

ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.00	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton

T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	10.19	cm

M _y =	82.01	ton-m
φ =	4.620E-05	

Flexión - Servicio

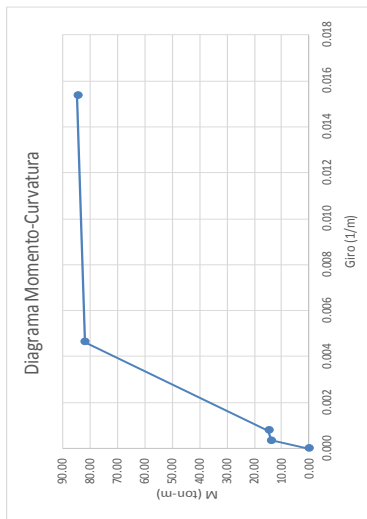
c =	26.29	cm
ε _c =	0.00021	
f _c =	68.80	kg/cm ²
ε _s =	0.00042	
Cc =	23.02	ton

ε _s =	0.00038	
f _s =	752.34	kg/cm ²
T =	23.02	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.00	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton

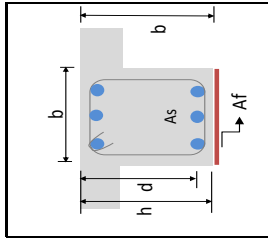
T _{total} =	0.00	ton
y _{cc} =	8.84	cm

M _s =	15.00	ton-m
φ =	7.885E-06	



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 3B

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f _c =	350.00	kg/cm ²
f _y =	4,200.00	kg/cm ²
E _s =	2.00E+06	kg/cm ²
E _c =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	

φ s =	1"	
N barras =	6	
A _s =	30.60	cm ²

ε _{co} =	0.002	
ε _{cu} =	0.003	
f _t =	37.42	kg/cm ²
ε _{bi} =	65% ε _{bs}	0.000272

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

c =	41.25	cm
ε _c =	0.000141968	
f _c =	479,2522	kg/cm ²
ε _s =	0.00013	
C _c =	25.02	ton

ε _s =	0.00011	
f _s =	225.37	kg/cm ²
T =	6.90	ton

ε _f =	0.00000	
f _f =	0.0	kg/cm ²
T _f =	0.00	ton

Total =	0.00	ton
y _{cc} =	13.83	cm

M _{cr} =	13.80	ton-m
φ =	3.441E-06	

Flexión - Servicio

c =	26.43	cm
ε _c =	0.00021	
f _c =	68.42	kg/cm ²
ε _s =	0.00042	
C _c =	23.01	ton

ε _s =	0.00037	
f _s =	741.99	kg/cm ²
T =	22.71	ton

ε _f =	0.00015	
f _f =	121.26	kg/cm ²
T _f =	0.30	ton

Total =	0.00	ton
y _{cc} =	8.89	cm

M _s =	15.00	ton-m
φ =	7.799E-06	

Flexión - Fluencia

c =	28.99	cm
ε _c =	0.001352666	
f _c =	313.33	kg/cm ²
ε _s =	0.00238	
C _c =	132.89	ton

ε _s =	0.00210	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

ε _f =	0.00211	
f _f =	1745.67	kg/cm ²
T _f =	4.36	ton

Total =	0.00	ton
y _{cc} =	10.37	cm

M _y =	84.82	ton-m
φ =	4.666E-05	

Flexión - Ruptura

c =	21.92	cm
ε _c =	0.002987954	
f _c =	298,132436	kg/cm ²
ε _s =	0.00791	
C _c =	144.34	ton

ε _s =	0.00710	
f _s =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

ε _f =	0.00765	
f _f =	6326.93	kg/cm ²
T _f =	15.82	ton

Total =	0.00	ton
y _{cc} =	9.08	cm

M _n =	92.76	ton-m
φ =	1.363E-04	

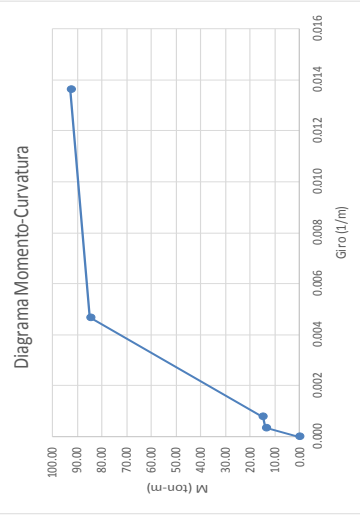
Ductilidad	2.921E+00	
------------	-----------	--

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	1	Número de capas de FRP
b _r =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
t _r =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
A _r =	2.50	cm ² Área del refuerzo de FRP
f _{tu} =	10,000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
ε _{tu} =	0.0100	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
E _r =	973,000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

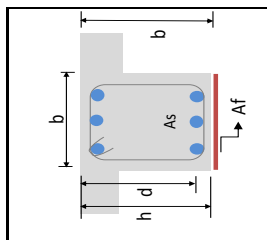
C _r =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f _{tu} =	8,500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
ε _{tu} =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
E _{tu} =	827,050.00	kg/cm ²
E _{tu} =	0.00765	

T _r =	18.12	ton
M _r =	1215.68	ton.cm



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 3C

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f'c =	350.00	kg/cm ²
f'y =	4,200.00	kg/cm ²
Es =	2.00E+06	kg/cm ²
Ee =	280.624-30	kg/cm ²
n =	7.13	

∅ s =	1"	
N barras =	6	
As =	30.60	cm ²

Ecu =	0.002	
Ecu =	0.003	
ft =	37.42	kg/cm ²
ebi =	65% ebs	0.000268

C =	40.00	cm
A =	2000.00	cm
I =	1.067E+06	cm ⁴

Flexión - Agrietamiento

C =	41.25	cm
εr =	0.000141968	
fc =	47.925322	kg/cm ²
εr =	0.00013	
Cc =	25.02	ton
εs =	0.00011	
fs =	225.37	kg/cm ²
T =	6.90	ton

ef =	0.00000	
ff =	0.0	kg/cm ²
Tf =	0.00	ton
Total =	0.00	ton
γcc =	13.83	cm
Mcr =	13.80	ton-m
φ =	3.441E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	2	Número de capas de FRP
br =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
tr =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
Ar =	5.00	cm ² Área del refuerzo de FRP
f'fu =	10,000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
εfu =	0.0100	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
Ef =	973,000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

Ce =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f'fu =	8,500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
Efu =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
Efu =	827,050.00	kg/cm ²
Efu =	0.00608	

Ti =	18.12	ton
Mi =	1215.68	ton.cm

Flexión - Rotura

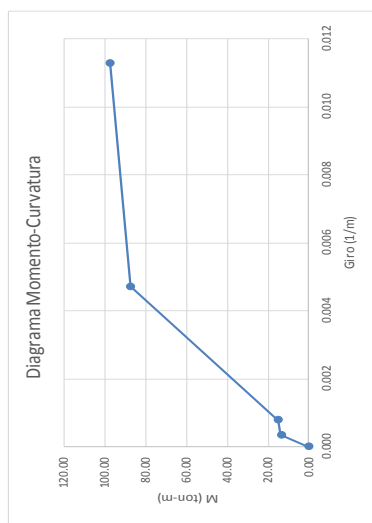
C =	23.78	cm
εr =	0.002682885	
fc =	314.148531	kg/cm ²
εr =	0.00634	
Cc =	153.68	ton

εs =	0.00566	
fs =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

ef =	0.00608	
ff =	5082.37	kg/cm ²
Tf =	25.16	ton

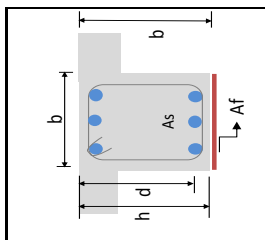
Total =	0.00	ton
γcc =	9.56	cm
Mn =	97.55	ton-m
φ =	1.128E-04	

Ductilidad	2.394E+00	
------------	-----------	--



REFORZAMIENTO DE VIGA POR FLEXIÓN - DISEÑO 3D

PROPIEDADES DE LA VIGA



b =	25.00	cm
h =	80.00	cm
d =	74.00	cm
f'c =	350.00	kg/cm ²
f'y =	4,200.00	kg/cm ²
Es =	2.00E+06	kg/cm ²
Ec =	280,624.30	kg/cm ²
n =	7.13	

Ø s =	1"	
N barras =	6	
As =	30.60	cm ²

εcu =	0.002	
εcu =	0.003	
ft =	37.42	kg/cm ²
εbi =	65% εbs	0.000264

Flexión - Agrietamiento

c =	41.25	cm
εt =	0.000141968	
fc =	47.92322	kg/cm ²
εt =	0.00013	
Cc =	25.02	ton
εs =	0.00011	
fs =	225.37	kg/cm ²
T =	6.90	ton

εf =	0.00000	
ff =	0.0	kg/cm ²
Tf =	0.00	ton
Total =	0.00	ton
γcc =	13.83	cm
Mcr =	13.80	ton-m
φ =	3.441E-06	

PROPIEDADES DEL MATERIAL FRP

n =	3	Número de capas de FRP
br =	25.00	cm Ancho de la capa de FRP
tr =	0.10	cm Espesor por capa de FRP sección compuesta
Ar =	7.50	cm ² Área del refuerzo de FRP
f'fu =	10,000.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última típica de ensayo
εfu =	0.0100	Deformación unitaria de ruptura típica de ensayo
Ef =	973,000.00	kg/cm ² Módulo de elasticidad de las láminas de FRP típica de ensayo

Ce =	0.85	Factor de reducción por exposición al medio ambiente
f'fu =	8,500.00	kg/cm ² Resistencia de tensión última de diseño
εfu =	0.0085	Deformación unitaria de ruptura de diseño
Efu =	827,050.00	kg/cm ²
Efu =	0.00497	

Ti =	18.12	ton
Mi =	1215.68	ton.cm

Flexión - Ruptura

c =	25.33	cm
εt =	0.002417957	
fc =	328.057256	kg/cm ²
εt =	0.00222	
Cc =	159.34	ton

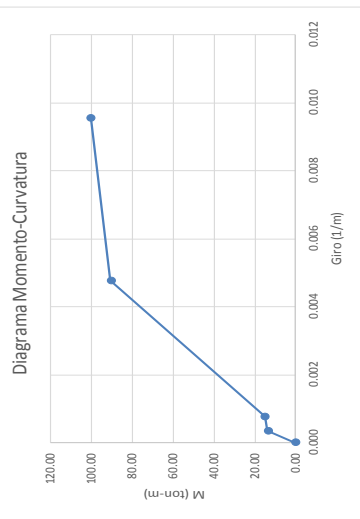
εs =	0.00465	
fs =	4200.00	kg/cm ²
T =	128.52	ton

εf =	0.00497	
ff =	4108.91	kg/cm ²
Tf =	30.82	ton

Total =	0.00	ton
γcc =	9.90	cm

Mn =	100.32	ton-m
φ =	9.545E-05	

Ductilidad	2.006E+00	
------------	-----------	--



DISEÑO 1A	
φ	M
0.000	0.000
0.000	11.588
0.002	15.000
0.004	29.171
0.046	30.547

DISEÑO 1B	
φ	M
0.000	0.000
0.000	11.588
0.002	15.000
0.004	31.500
0.012	39.922

DISEÑO 1C	
φ	M
0.000	0.000
0.000	11.588
0.002	15.000
0.004	33.916
0.010	45.379

DISEÑO 1D	
φ	M
0.000	0.000
0.000	11.588
0.002	15.000
0.004	36.412
0.009	48.529

DISEÑO 2A	
φ	M
0.000	0.000
0.000	12.700
0.001	15.000
0.004	56.300
0.023	58.783

DISEÑO 2B	
φ	M
0.000	0.000
0.000	12.700
0.001	15.000
0.004	59.038
0.013	67.667

DISEÑO 2C	
φ	M
0.000	0.000
0.000	12.700
0.001	15.000
0.004	61.802
0.011	72.646

DISEÑO 2D	
φ	M
0.000	0.000
0.000	12.700
0.001	15.000
0.004	64.591
0.009	75.444

DISEÑO 3A	
φ	M
0.000	0.000
0.000	13.799
0.001	15.000
0.005	82.014
0.015	84.710

DISEÑO 3B	
φ	M
0.000	0.000
0.000	13.799
0.001	14.999
0.005	84.822
0.014	92.765

DISEÑO 3C	
φ	M
0.000	0.000
0.000	13.799
0.001	15.000
0.005	87.645
0.011	97.550

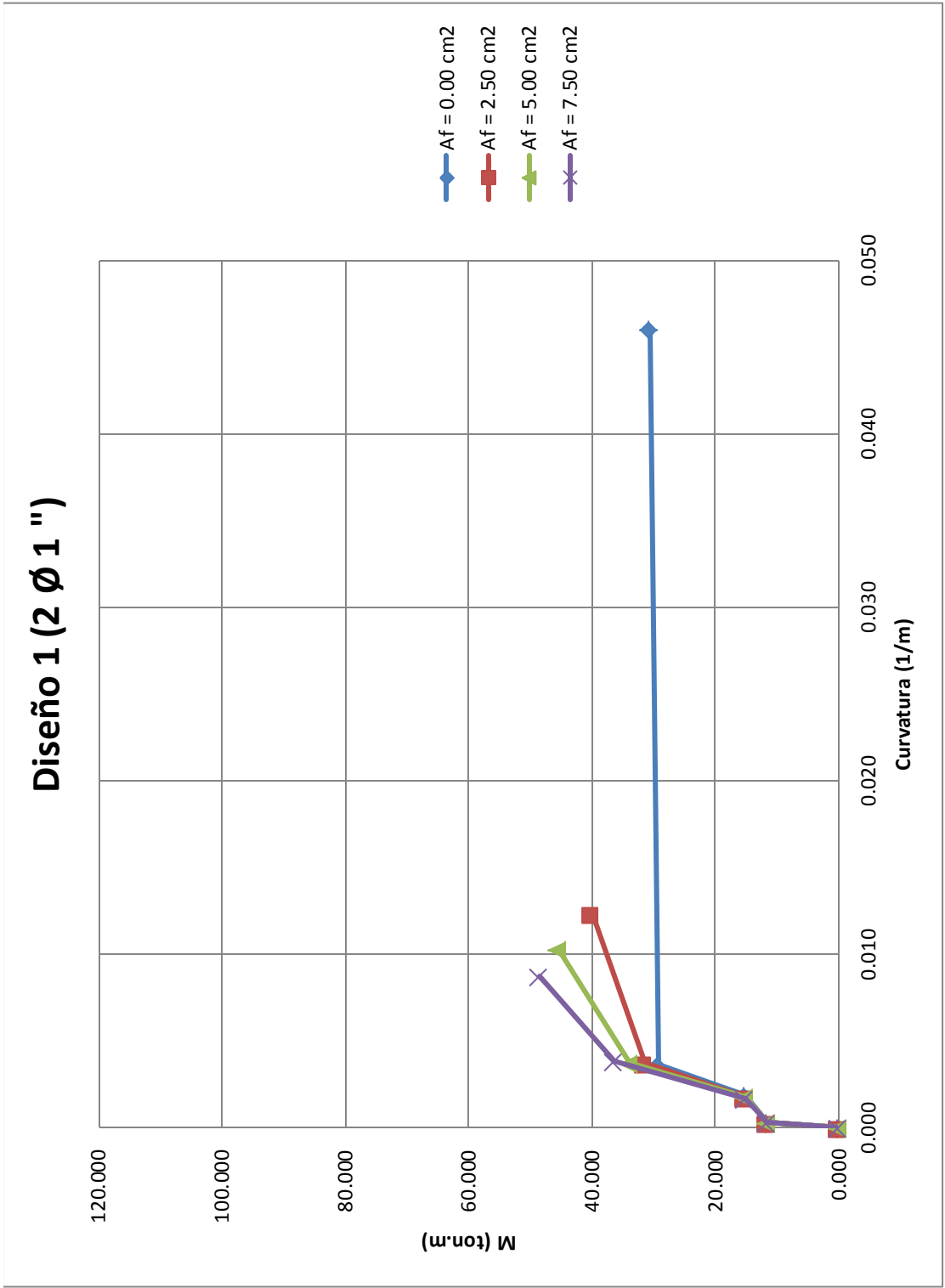
DISEÑO 3D	
φ	M
0.000	0.000
0.000	13.799
0.001	15.000
0.005	90.481
0.010	100.323

Anexo 13 Tabla de Diseños de vigas, en el que se muestran giro de curvatura y momento último en los estados de fluencia, servicio, agrietamiento y rotura

RESUMEN COMPARATIVO

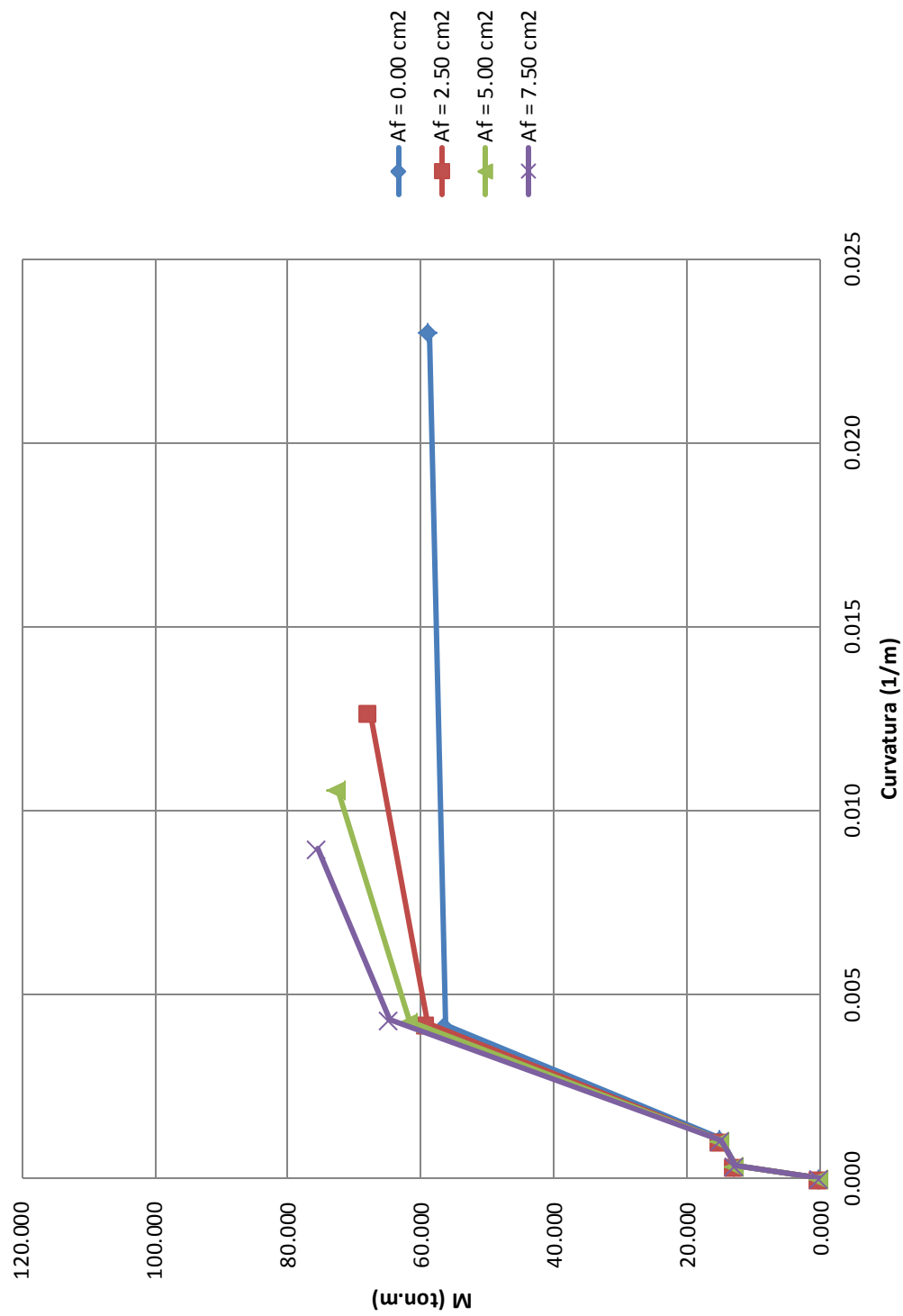
Cuantía	Af (cm ²)	Mn (ton-m)	ϕ (1/m)	Mn'/Mn	ϕ'/ϕ
2 \emptyset 1"	0.00	30.55	12.47	1.000	1.000
	2.50	39.92	3.30	1.307	0.265
	5.00	45.38	2.73	1.486	0.219
	7.50	48.53	2.30	1.589	0.184
4 \emptyset 1"	0.00	58.78	5.52	1.000	1.000
	2.50	67.67	3.02	1.151	0.546
	5.00	72.65	2.48	1.236	0.450
	7.50	75.44	2.09	1.283	0.378
6 \emptyset 1"	0.00	84.71	3.33	1.000	1.000
	2.50	92.76	2.92	1.095	0.878
	5.00	97.55	2.39	1.152	0.719
	7.50	100.32	2.01	1.184	0.603

Anexo 14 Resumen Comparativo de los Momentos Últimos de Rotura y Ductilidad de los Diseños de vigas para diferentes cuantías de acero



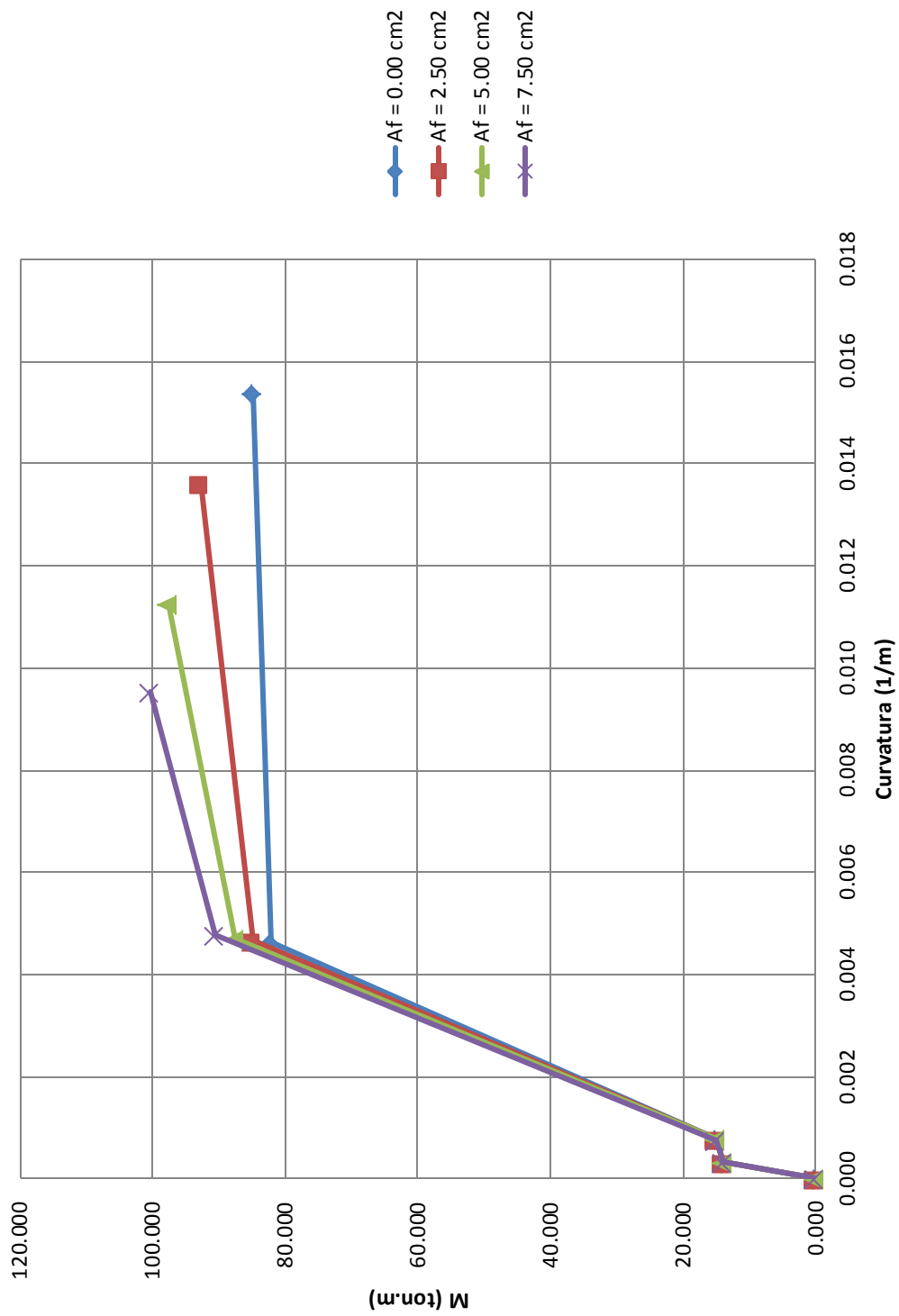
Anexo 15 Gráfico Momento- Curvatura de diseños de vigas de 2 Ø 1" para diferentes áreas de refuerzo de CFRP

Diseño 2 (4 Ø 1 ")

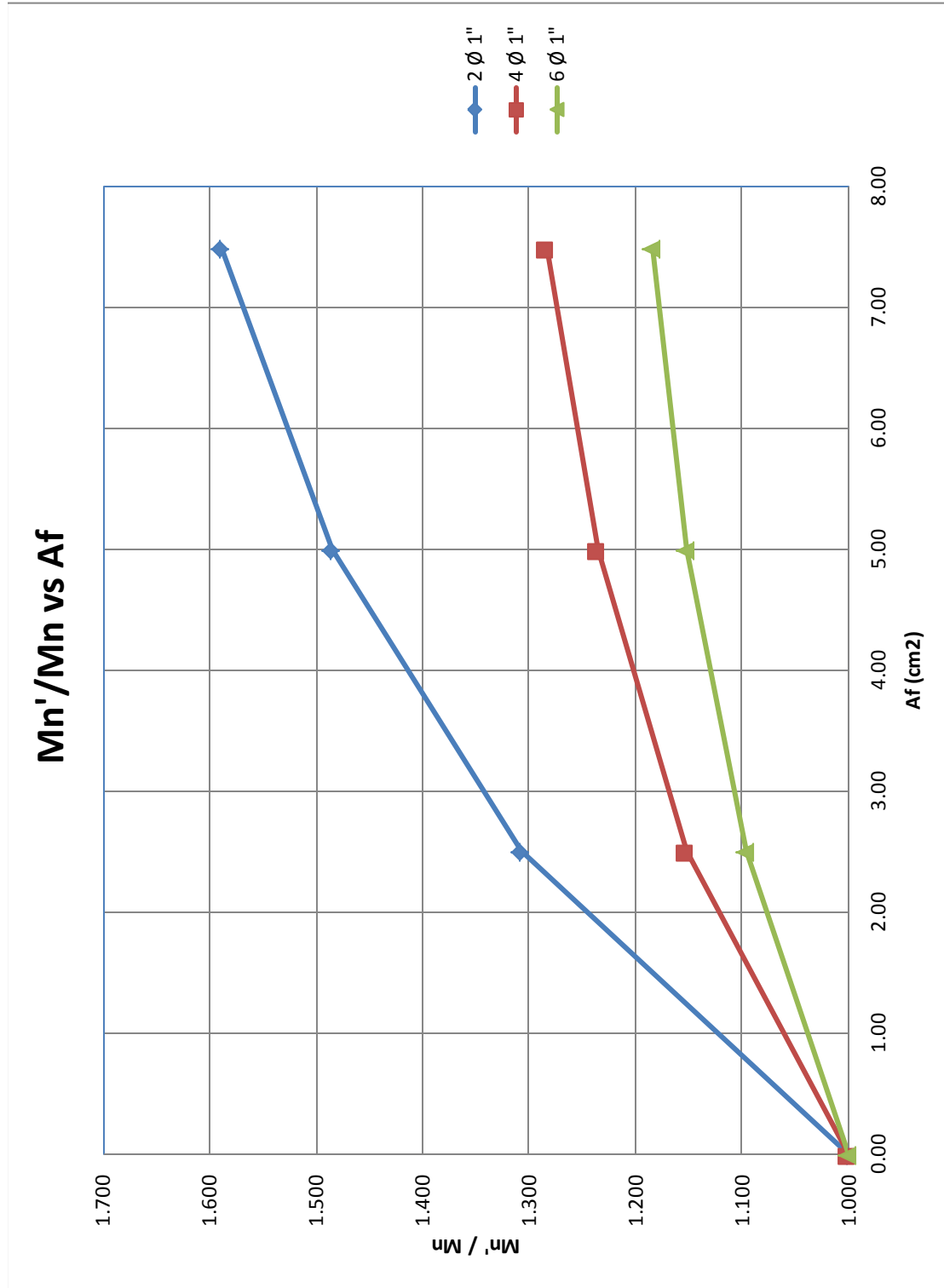


Anexo 16 Gráfico Momento- Curvatura de diseños de vigas de 4 Ø 1 " para diferentes áreas de refuerzo de CFRP

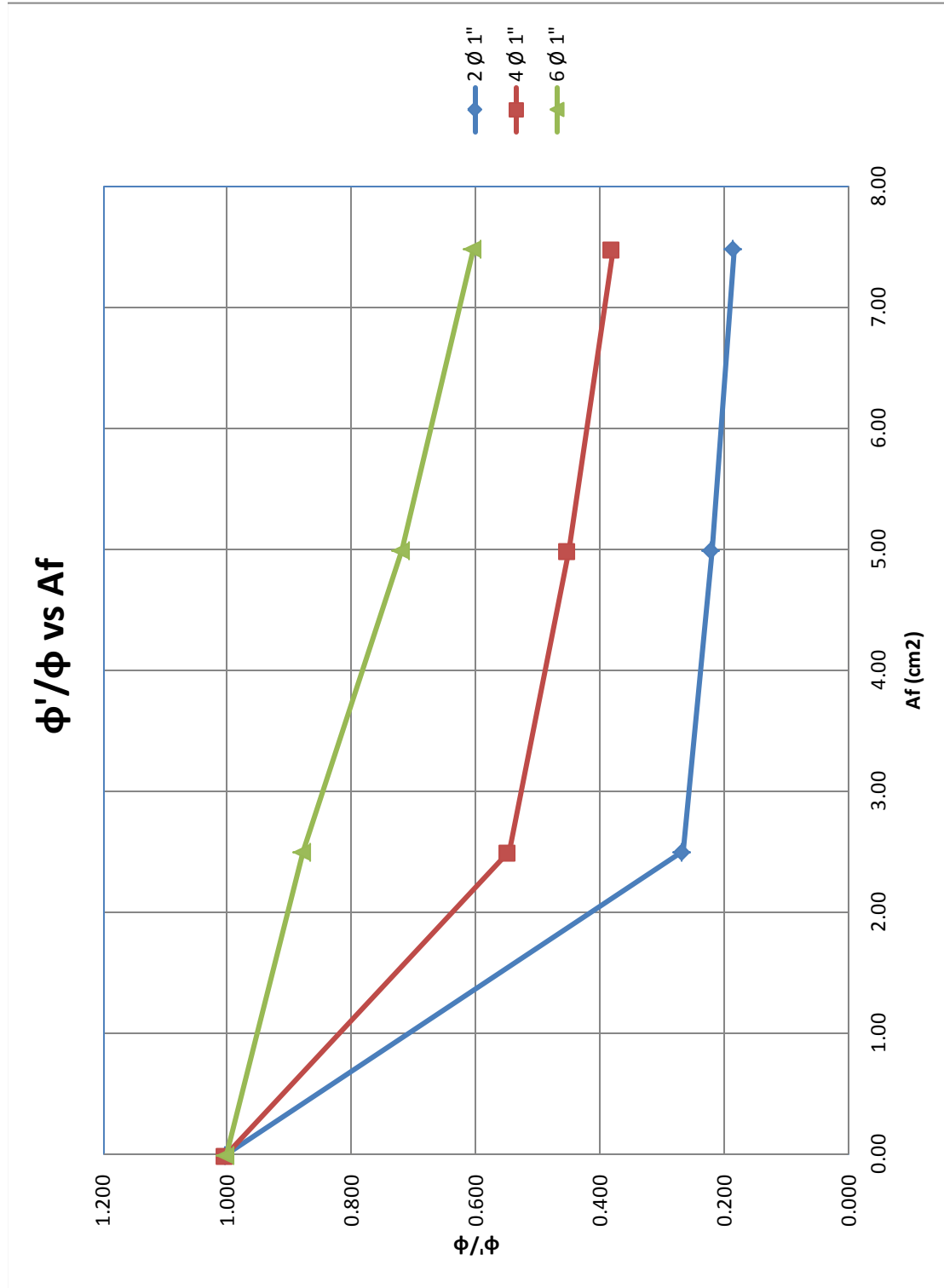
Diseño 3 (6 ϕ 1")



Anexo 17 Gráfico Momento- Curvatura de diseños de vigas de 6 ϕ 1" para diferentes áreas de refuerzo de CFRP



Anexo 18 Gráfico Mn'/Mn vs Af de los diseños de viga para diferentes cuantías de acero



Anexo 19 Gráfico ϕ'/ϕ vs Af de los diseños de viga para diferentes cuantías de acero