



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TEMA:**

**Efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la  
Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural  
Empleado**

**AUTOR:**

**Méndez Rugel, Carlos José**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
INGENIERO CIVIL**

**TUTOR:**

**Ing. Jaime Hernández Barrero, M.Sc**

**Guayaquil, Ecuador**

**15 de marzo del 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo de titulación, fue realizado en su totalidad por **Méndez Rugel, Carlos José**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

### **TUTOR (A)**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Jaime Hernández Barrero, M.Sc**

### **DIRECTOR DE LA CARRERA**

f. \_\_\_\_\_

**Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M.Sc.**

**Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**  
**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Méndez Rugel, Carlos José**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación, **Efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural Empleado** previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021**

**EL AUTOR**

f. \_\_\_\_\_  
**Méndez Rugel, Carlos José**



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

## **AUTORIZACIÓN**

Yo, **Méndez Rugel, Carlos José**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural Empleado**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 15 del mes de marzo del año 2021**

**EL AUTOR:**

f. \_\_\_\_\_  
**Méndez Rugel, Carlos José**

## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** CARLOS\_MÉNDEZ\_FINAL.doc (D97352466)  
**Submitted:** 3/5/2021 3:54:00 PM  
**Submitted By:** claglas@hotmail.com  
**Significance:** 5 %

### Sources included in the report:

Tesis Alexis Ocaña.pdf (D35948340)  
20171205 Prisc. Chimarro\_ Gab. Coronel.pdf (D33349128)  
TESIS Gabriel Salazar.docx (D14947004)  
construcciones cap2nec.pptx (D10690740)  
TESIS FINAL CHAVEZ LUIS.docx (D15104193)  
<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/3814/1/An%C3%A1lisis%20est%C3%A1tico%20de%20fuerzas%20horizontales%20equivalentes%20comparado%20con%20el%20an%C3%A1lisis%20din%C3%A1mico%20modal%20espectral%20y%20cronol%C3%B3gico%20en%20las%20edificaciones%20regulares%20e%20irregulares%20del%20C3%A1rea%20metropolitana.pdf>  
<http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v39n2/2477-8990-rpolit-39-02-00051.pdf>  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/28500/MIS56.pdf>  
[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16703/1/ILLESCAS\\_LEE\\_TRABAJO\\_TITULACI%C3%93N\\_ESTRUCTURAS\\_ENERO\\_2017.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16703/1/ILLESCAS_LEE_TRABAJO_TITULACI%C3%93N_ESTRUCTURAS_ENERO_2017.pdf)  
<http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/8388/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-203.pdf>  
<https://1library.co/document/yr3ew4oy-analisis-diseno-estructural-edificacion-niveles->

## **AGRADECIMIENTO**

Debo agradecer de manera especial y sincera al Ingeniero Jaime Hernández Barredo por el apoyo y confianza brindada en mi trabajo de titulación. Su capacidad para guiar mis ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de este trabajo, sino también en mi formación como investigador.

Finalmente quiero darles las gracias a mis padres quienes han sido y serán pilares muy importantes a lo largo de crecimiento personal y profesional.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_  
**ING. JAIME HERNÁNDEZ BARRERO, M.Sc**  
TUTOR

f. \_\_\_\_\_  
**ING. CARLOS CHON DÍAZ, M.Sc**  
DECANO

f. \_\_\_\_\_  
**ING. XAVIER CASAL RODRÍGUEZ, M.Sc**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f. \_\_\_\_\_  
**ING. ALEX VILLACRÉS SÁNCHEZ, M.Sc**  
OPONENTE

# ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	2
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 ALCANCE .....	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	4
2.1 RESEÑA HISTORICA DE LAS NORMAS SÍSMICAS.....	4
2.2 CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA.....	6
2.2.1 Problemas de configuración en planta .....	7
Longitud.....	7
Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas .....	8
2.2.2 Problemas de configuración en altura .....	8
Escalonamientos.....	8
2.3 CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL .....	9
2.3.1 Concentraciones de masa .....	9
2.3.2 Pisos suaves.....	9
2.3.3 Torsión .....	10
CAPÍTULO III: ANÁLISIS SÍSMICO SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15) .....	12
3.1 ANÁLISIS DE AMENAZA SÍSMICA .....	12
3.2 REPRESENTACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS .....	14
3.2.1 Espectro De Respuesta.....	14
3.2.2 Espectro De Diseño.....	15



3.2.3	Acelerogramas.....	18
3.3	MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICOS.....	19
3.3.1	Métodos Estáticos .....	19
3.3.2	Métodos Dinámicos .....	20
3.4	IRREGULARIDADES SEGÚN NEC .....	21
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA .....		24
4.1	DEFINICIÓN DE PROTOTIPOS.....	24
4.1.1	Materiales.....	25
4.1.2	Cargas consideradas para los análisis .....	25
4.1.3	Dimensiones de los elementos estructurales .....	25
4.2	PROTOTIPO BASE.....	27
4.2.1	Prototipo 1.A.....	28
4.2.2	Prototipo 2.A.....	29
4.2.3	Prototipo 3.A.....	31
4.2.4	Prototipo 4.A.....	32
4.2.5	Prototipo 1.B .....	33
4.2.6	Prototipo 2.B .....	35
4.2.7	Prototipo 3.B .....	36
4.2.8	Prototipo 4.B .....	37
4.3	DEFINICIÓN DE CARGAS PARA LOS MÉTODOS MODAL ESPECTRAL, ESTÁTICO EQUIVALENTE Y PASO A PASO EN EL TIEMPO.	
4.3.1	Método modal espectral.....	39
4.3.2	Método estático equivalente.....	43

4.3.3	Método paso a paso en el tiempo .....	48
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....		49
5.1	MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE.....	51
5.1.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	51
5.1.....	.....	53
5.1.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B .....	53
5.1.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	56
5.1.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	59
5.2	MÉTODO MODAL ESPECTRAL.....	62
5.2.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	62
5.2.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B .....	65
5.2.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	68
5.2.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	71
5.3	MÉTODO PASO A PASO EN EL TIEMPO .....	74
5.3.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	74
5.3.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B .....	77
5.3.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	80
5.3.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	83
5.4	MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE VS PASO A PASO EN EL TIEMPO.....	86
5.4.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	86
5.4.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B .....	87
5.4.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	88

5.4.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	89
5.5	MÉTODO MODAL ESPECTRAL VS PASO A PASO EN EL TIEMPO	90
5.5.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	90
5.5.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B.....	91
5.5.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	92
5.5.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	93
5.6	MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE VS MODAL ESPECTRAL VS PASO A PASO EN EL TIEMPO .....	94
5.6.1	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A.....	94
5.6.2	ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B.....	98
5.6.3	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A .....	102
5.6.4	ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B.....	106
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....		110
6.1	CONCLUSIONES.....	110
6.2	RECOMENDACIONES .....	111
CAPÍTULO VI: ANEXOS .....		112
BIBLIOGRAFIA .....		176

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de amenaza sísmica.....	12
Tabla 2. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.....	13
Tabla 3. Clasificación de los perfiles de suelo.....	16
Tabla 4. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.....	17
Tabla 5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd. ....	17
Tabla 6. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs. ..	17
Tabla 7. Dimensiones de vigas utilizadas. ....	25
Tabla 8. Peso sísmico por piso prototipo base .....	27
Tabla 9. Peso sísmico por piso prototipo 1 .....	28
Tabla 10. Peso sísmico por piso prototipo 2 .....	30
Tabla 11. Peso sísmico por piso prototipo 3.....	31
Tabla 12. Peso sísmico por piso prototipo 3 .....	32
Tabla 13. Peso sísmico por piso prototipo 3.....	34
Tabla 14. Peso sísmico por piso prototipo 3.....	35
Tabla 15. Peso sísmico por piso prototipo 3 .....	36
Tabla 16. Peso sísmico por piso prototipo 3.....	38
Tabla 17. Datos generales del proyecto. ....	40
Tabla 18. Aceleraciones generales del proyecto.....	42
Tabla 19. Prototipo base: Distribución de fuerza cortante por piso.....	43
Tabla 20. Prototipo 1: Distribución de fuerza cortante por piso.....	44
Tabla 21. Prototipo 2: Distribución de fuerza cortante por piso.....	44

Tabla 22. Prototipo 3: Distribución de fuerza cortante por piso.....	45
Tabla 23. Prototipo 4: Distribución de fuerza cortante por piso.....	45
Tabla 24. Prototipo 5: Distribución de fuerza cortante por piso.....	46
Tabla 25. Prototipo 6: Distribución de fuerza cortante por piso.....	46
Tabla 26. Prototipo 7: Distribución de fuerza cortante por piso.....	47
Tabla 27. Prototipo 8: Distribución de fuerza cortante por piso.....	47

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1. Terremoto de Ambato, Ecuador 1949.</b> .....	6
<b>Ilustración 2. Formas sencillas y complejas en planta y elevación.</b> .....	7
<b>Ilustración 3. formas geométricas complejas en planta.</b> .....	8
<b>Ilustración 4. Formas irregulares en altura.</b> .....	9
<b>Ilustración 5. Efectos producidos por la torsión.</b> .....	10
<b>Ilustración 6. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.</b> .....	13
<b>Ilustración 7. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.</b> .....	15
<b>Ilustración 8. Metodología del método análisis espectral modal.</b> .....	20
<b>Ilustración 9 Coeficientes de irregularidad en planta</b> .....	22
<b>Ilustración 10 Coeficiente de irregularidad en elevación.</b> .....	23
<b>Ilustración 11 Irregularidad geométrica en elevación</b> .....	24
<b>Ilustración 12. Sección de losa aligerada.</b> .....	26
<b>Ilustración 13. Modelo tipo base en vista transversal.</b> .....	27
<b>Ilustración 14. Modelo tipo base en vista en planta.</b> .....	28
<b>Ilustración 15. Modelo prototipo 1 en vista transversal.</b> .....	29
<b>Ilustración 16. Modelo prototipo 1 en vista transversal 3D.</b> .....	29
<b>Ilustración 17. Modelo prototipo 2 vista transversal.</b> .....	30
<b>Ilustración 18. Modelo prototipo 2 vista transversal 3D.</b> .....	30
<b>Ilustración 19. Modelo prototipo 3 vista transversal.</b> .....	31
<b>Ilustración 20. Modelo prototipo 3 vista transversal 3D.</b> .....	32
<b>Ilustración 21. Modelo prototipo 4 vista transversal.</b> .....	33

<b>Ilustración 22. Modelo prototipo 4 vista transversal 3D.</b> .....	33
<b>Ilustración 23. Modelo prototipo 5 vista transversal.</b> .....	34
<b>Ilustración 24. Modelo prototipo 5 vista transversal 3D.</b> .....	35
<b>Ilustración 25. Modelo prototipo 6 vista transversal.</b> .....	35
<b>Ilustración 26. Modelo prototipo 6 vista transversal 3D.</b> .....	36
<b>Ilustración 27. Modelo prototipo 7 vista transversal.</b> .....	37
<b>Ilustración 28. Modelo prototipo 7 vista transversal 3D.</b> .....	37
<b>Ilustración 29. Modelo prototipo 8 vista transversal.</b> .....	38
<b>Ilustración 30. Modelo prototipo 8 vista transversal 3D.</b> .....	38
<b>Ilustración 31. Determinación del período de vibración T.</b> .....	39
<b>Ilustración 32. Espectro de aceleraciones según NEC – Guayaquil - Tipo de suelo E. Fuente: Carlos Méndez Rugel</b> .....	41
<b>Ilustración 33 SELECCIÓN DE COLUMNAS HA ANALIZAR</b> .....	50
<b>Ilustración 34. Cortante piso 1 (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	51
<b>Ilustración 35. Cortante columna (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	51
<b>Ilustración 36. Cortante columna/piso (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	52
<b>Ilustración 37. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	52
<b>Ilustración 38. Cortante piso 1 (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	54
<b>Ilustración 39. Cortante columna (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	54
<b>Ilustración 40. Cortante columna/piso (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	54
<b>Ilustración 41. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	55
<b>Ilustración 42 Cortante piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	56
<b>Ilustración 43. Cortante columna piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.</b> .....	57

<b>Ilustración 44. Cortante columna/piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 45. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad. ....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 46. Cortante piso 2 (SX) vs grado de irregularidad. ....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 47. Cortante columna piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 48. Cortante columna/piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 49. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad. ....</b>	<b>61</b>
<b>Ilustración 50. Cortante piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>62</b>
<b>Ilustración 51. Cortante columna (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 52. Cortante columna/piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad. .....</b>	<b>63</b>
<b>Ilustración 53. Normalizado (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>64</b>
<b>Ilustración 54. Cortante piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>65</b>
<b>Ilustración 55. Cortante columna (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>66</b>
<b>Ilustración 56. Cortante columna/piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad. .....</b>	<b>66</b>
<b>Ilustración 57. Normalizado (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>66</b>
<b>Ilustración 58. Cortante piso 2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>68</b>
<b>Ilustración 59. Cortante columna Piso 2 (SISMOX) vs grado de irregularidad.</b>	<b>68</b>
<b>Ilustración 60. Cortante columna/piso2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 61. Normalizado (SISMOX) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>69</b>
<b>Ilustración 62. Cortante piso 2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 63. Cortante columna Piso 2(Sismo X) vs grado de irregularidad. .</b>	<b>71</b>
<b>Ilustración 64. Cortante columna/piso2 (Sismo X) vs grado de irregularidad...</b>	<b>72</b>
<b>Ilustración 65. Normalizado (Sismo X) vs grado de irregularidad. ....</b>	<b>72</b>



<b>Ilustración 66. Cortante piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.</b>	<b>74</b>
<b>Ilustración 67. Cortante columna piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>74</b>
<b>Ilustración 68. Cortante columna/piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>75</b>
<b>Ilustración 69. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>75</b>
<b>Ilustración 70. Cortante piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 71. Cortante columna piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>77</b>
<b>Ilustración 72. Cortante columna/piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 73. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>78</b>
<b>Ilustración 74. Cortante piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.</b>	<b>80</b>
<b>Ilustración 75. Cortante columna piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>80</b>
<b>Ilustración 76. Cortante columna/piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>81</b>
<b>Ilustración 77. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>81</b>
<b>Ilustración 78. Cortante piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.</b>	<b>83</b>
<b>Ilustración 79. Cortante columna piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>83</b>
<b>Ilustración 80. Cortante columna/piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>84</b>
<b>Ilustración 81. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.....</b>	<b>84</b>
<b>Ilustración 82. Factor de corrección vs grado de irregularidad. ....</b>	<b>86</b>

<b>Ilustración 83. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	87
<b>Ilustración 84. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	88
<b>Ilustración 85. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	89
<b>Ilustración 86. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	90
<b>Ilustración 87. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	91
<b>Ilustración 88. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	92
<b>Ilustración 89. Factor de corrección vs grado de irregularidad.</b>	93
<b>Ilustración 90. Cortante columna/piso 2A grado de irregularidad</b>	94
<b>Ilustración 91. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad</b>	94
<b>Ilustración 92. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad</b>	95
<b>Ilustración 93. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad</b>	95
<b>Ilustración 94. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad</b>	96
<b>Ilustración 95. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad</b>	96
<b>Ilustración 96. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad</b>	98
<b>Ilustración 97. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad</b>	98
<b>Ilustración 98. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad</b>	99
<b>Ilustración 99. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad</b>	99
<b>Ilustración 100. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad</b>	100
<b>Ilustración 101. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad</b>	100
<b>Ilustración 102. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad</b>	102
<b>Ilustración 103. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad</b>	102
<b>Ilustración 104. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad</b>	103
<b>Ilustración 105. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad</b>	103

<b>Ilustración 106. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad.....</b>	<b>104</b>
<b>Ilustración 107. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad .....</b>	<b>104</b>
<b>Ilustración 108. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad .....</b>	<b>106</b>
<b>Ilustración 109. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad.....</b>	<b>106</b>
<b>Ilustración 110. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad .....</b>	<b>107</b>
<b>Ilustración 111. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad .....</b>	<b>107</b>
<b>Ilustración 112. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad.....</b>	<b>108</b>
<b>Ilustración 113. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad .....</b>	<b>108</b>

# RESUMEN

A pesar de los daños ocurridos en las estructuras analizadas como consecuencia de los sismos en las diferentes partes del mundo se siguen cometiendo los mismos errores y dejando de lado el estudio de la configuración estructural la misma que es de suma importancia al momento de un diseño sismo resistente. La metodología empleada consiste en analizar una edificación completamente regular, para modificarla de tal forma que su grado de irregularidad vaya aumentando creando así diversos casos de análisis. La estructura será analizada mediante los análisis: Estático Equivalente, Modal Espectral y Paso a Paso en el Tiempo. Una vez obtenidos los datos iniciales y realizados los casos de análisis se procede a la obtención de resultados. Los resultados que se analizarán son el cómo varía el cortante total o cortante basal de una estructura a medida de como aumenta el grado de irregularidad, y como varía tanto en valor numérico como porcentual el cortante que recibe cada columna de la estructura.

**Palabras Claves:** Estático Equivalente, Modal Espectral, Paso a Paso en el Tiempo, cortante basal, grado de irregularidad, cortantes columnas

## **ABSTRACT**

The methodology used is to analyze a completely regular building, to modify it in such a way that its degree of irregularity increases, thus creating various cases of analysis. The structure will be analyzed by mediating the analyses: static equivalent, spectral modal and step by step in time. Once the initial data has been obtained and the analysis cases have been carried out, the results are obtained. The results to be analyzed are how the total shear or basal shear of a structure varies in the middle of how the degree of irregularity increases, and how both the shear that receives each column of the structure varies in both numerical and percentage value.

Keyword: Equivalent Static, Spectral Modal, Step by Step in Time, basal shear, degree of irregularity, shear columns)

# **CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN**

## **1.1 ANTECEDENTES**

Los daños ocurridos en las estructuras analizadas como consecuencia de los sismos en las diferentes partes del mundo ya son conocidos de muchos años en el pasado, no obstante, se siguen cometiendo los mismos errores y dejando de lado el estudio de la configuración estructural la misma que es de suma importancia al momento de un diseño sismo resistente. Experiencias del comportamiento de edificios en terremotos han demostrado que las edificaciones regulares tienen un mejor desempeño que aquellas irregulares. Las normas de diseño sismo resistente castigan a las estructuras irregulares ya sea, aumentando la demanda sísmica, exigiendo métodos de análisis más sofisticados, o prohibiendo cierto tipo de configuraciones estructurales en función de la sismicidad de la zona. La (NEC\_SE\_DS, 2015) (Norma Ecuatoriana de la Construcción) toma en cuenta dichas irregularidades las cuales las clasifica por su configuración en planta o elevación, penalizándolas con coeficientes de configuración estructural menor a la unidad que incrementa el valor del cortante de diseño, con la intención de proveer mayor resistencia a la estructura, pero no evita el posible comportamiento sísmico deficiente de la edificación.

## **1.2 ALCANCE**

Se analizará una edificación con tipología estructural con irregularidad geométrica en elevación.

La estructura será analizada de acuerdo con las metodologías especificadas en la norma (NEC\_SE\_DS, 2015) (Fuerzas Laterales, Modal Espectral y Paso a paso en el tiempo). La respuesta estructural obtenida con los diferentes métodos será comparada.

Luego se modificará la estructura original de tal forma que magnitud de la irregularidad crezca y disminuya con el fin de tener diferentes grados de irregularidad.

Finalmente, para cada grado de irregularidad, la respuesta estructural (Cortante basal y cortante en las columnas) obtenida usando los diferentes métodos de análisis, será comparada.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

- Evaluar los efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural Empleado.

#### **Objetivos Específicos**

- Evaluar la diferencia en la respuesta estructural (cortante basal, cortante en columnas) según el método análisis empleado para estructuras con irregularidad geométrica en elevación.
- Evaluar las variaciones en la respuesta estructural según el grado de irregularidad geométrica en elevación.
- Estudiar los efectos de irregularidad geométrica en elevación en los diferentes análisis utilizados (Fuerzas equivalentes, Modas espectral y Paso a paso en el tiempo).

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1 RESEÑA HISTORICA DE LAS NORMAS SÍSMICAS**

El propósito de las normas es ofrecer a los ingenieros lineamientos y recomendaciones para un diseño sustentable y seguro ante la amenaza sísmica. Los códigos buscan simplificar el conocimiento recogido a lo largo del tiempo para facilitar la práctica ingenieril. Las normas están en constante actualización debido a que con el pasar del tiempo se van conociendo nuevos fenómenos o comportamientos que conllevan a un avance científico con la finalidad de mejorar la respuesta de las estructuras ante las diversas ocurrencias sísmicas. De forma general, las normas incluyen recomendaciones para análisis, diseño y construcción de diversos sistemas estructurales tales como pórticos o muros y su combinación, en los materiales de uso común tales como hormigón, acero, mampostería y madera. Además, las normas deben constituir diversas disposiciones para el diseño de fundaciones, puentes o elementos no estructurales.

A los italianos se les reconoce como los pioneros en regulaciones sismo resistentes después del terremoto de Messina-Reggio en 1908 que mató a más de 160.000 personas. (Brusa, 2017)

En el año de 1923 en Kanto (Japón), se comenzó a adoptar coeficientes sísmicos y se definieron límites de alturas en los edificios luego que un devastador terremoto sacudiera la ciudad matando a más de 140.000 personas. Después del terremoto que sacudió Santa Bárbara (Estados Unidos) en 1925, se introdujeron en el UBC (Uniform Building Code, n.d.) ya para el año de 1927 las primeras previsiones de diseño sismorresistente.

La evolución científica de las normas sísmicas está ligada a la historia de los terremotos que tuvieron una gran afectación en el mundo, dejando pérdidas humanas y económicas graves. Pero la presencia de estos brinda la oportunidad de comprender mejor el fenómeno sísmico y las respuestas de las estructuras frente al mismo. Después de un gran terremoto quedan muchas lecciones aprendidas que posteriormente son plasmadas en las actualizaciones de las normas. El terremoto de 1933 en Long Beach (Estados Unidos) con una magnitud de 6,8 en la escala de Richter fueron el preámbulo para las prácticas constructivas del estado de California



con diseño sísmico obligatorio para edificaciones públicas. En los años 50 se incluyeron en el UBC los primeros mapas de riesgo sísmico y algunas especificaciones de diseño los cuales permanecieron casi sin ningún cambio hasta el terremoto suscitado en San Fernando por el año de 1971. En aquel año se inició el proyecto el cual consistió en realizar una norma sismorresistente cuyo encargado fue Applied Technology Council (corporación sin fines de lucro orientada a la asistencia y apoyo técnico de ingenieros diseñadores y calculistas de estructuras) que finalmente dieron origen a la norma (ATC-3-06, 1978) en el año de 1978. En el 1979 se estableció la Federal Emergency Management Agency (FEMA, 2018) y el (BSSC, 2016) (Building Seismic Safety Council) que son los encargados de revisar y actualizar la norma sismorresistente por medio de discusiones y consensos.

La historia sísmica documentada en Ecuador data de hace 470 años, en la cual uno de los eventos importantes fue el terremoto que provoco la destrucción de Riobamba e Ibarra y además se llevó la vida de más de 60.000 personas. A raíz del terremoto de 1949 suscitado en la ciudad de Ambato cuyos daños son mostrado en la Ilustración 1, se generó y puso a disposición el código de construcción que rigió hasta finales de los años 60. La instalación de la red Nacional de Sismógrafos (RENSIG) conllevó a un avance de la ingeniería sísmica del Ecuador que en la actualidad consta con estaciones sismológicas en todo el territorio nacional. El instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional desde 1983 es el principal centro de diagnóstico y vigilancia de los peligros tanto sísmicos como volcánicos, en lo cual fueron designados por decretos de ley desde el año 2003. Para el año 2011 se procedió a actualizar el código en lo cual los encargados mediante decreto de ley. Fue La Cámara de la Construcción de Quito los cuales mediante un convenio con el MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Cámara de la Industria de la Construcción, 2015) dieron lugar a la NEC-11. En la actualidad ya está en vigencia la (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda & Secretaría de Gestión de Riesgos, 2016) (NEC\_SE\_DS, 2015) la cual es la última actualización del código.

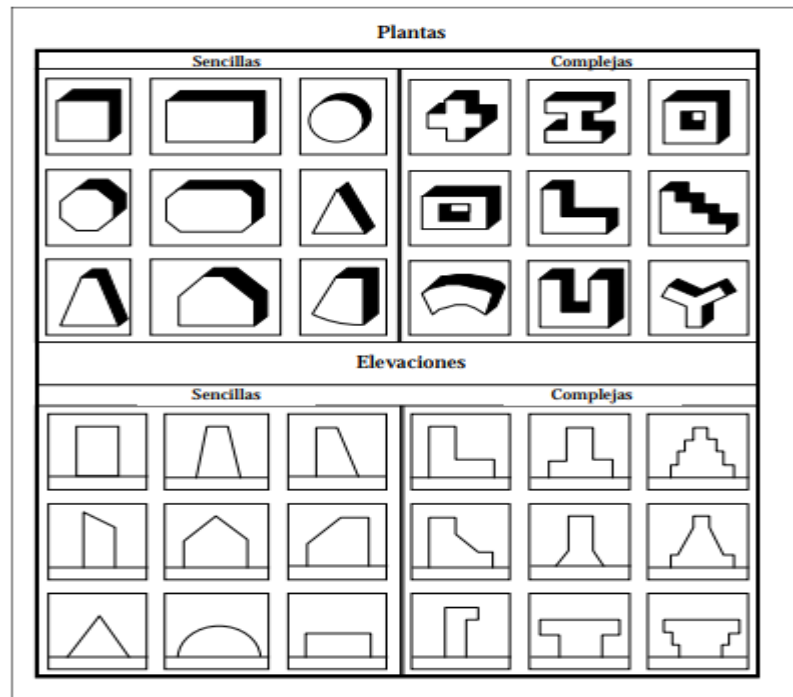


**Ilustración 1. Terremoto de Ambato, Ecuador 1949.**  
**Fuente: (“Terremoto del 5 de agosto de 1949 - Instituto Geofísico - EPN,” 2013)**

## **2.2 CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA**

En la configuración geométrica se presentan los aspectos que son más relevantes dentro de la incidencia en la respuesta sísmica de las edificaciones, y los correctivos que tienen los mecanismos. Se debe mencionar que, por su complejidad, y a su pequeña relación con el planteamiento de espacio y forma de la construcción, los problemas de configuración deben ser enfrentados básicamente desde la etapa de definición del esquema espacial del edificio, y en toda la etapa de diseño (Ilustración 2). Por esta razón es un tema que debe ser comprendido en toda su amplitud por los arquitectos y diseñadores.

La configuración geométrica influye directamente en la respuesta sísmica de las edificaciones, se debe de tomar en cuenta que debido a la complejidad que existe durante el proceso constructivo o los métodos constructivos empleados con el área del proyecto. Se tiene que establecer un diseño notable que sea comprendido en su totalidad por los profesionales encargados de la obra.



**Ilustración 2. Formas sencillas y complejas en planta y elevación.**  
**Fuente:(Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)**

### 2.2.1 Problemas de configuración en planta

A continuación, se presenta algunos aspectos que hacen referencia a los problemas comunes en la estructura vistos desde un plano horizontal correspondiente a la forma y la distribución de la edificación.

#### **Longitud**

La gran parte de las edificaciones son afectas por la longitud en planta, este aspecto influye en la respuesta estructural, creando una dificultad para determinar un método de análisis.

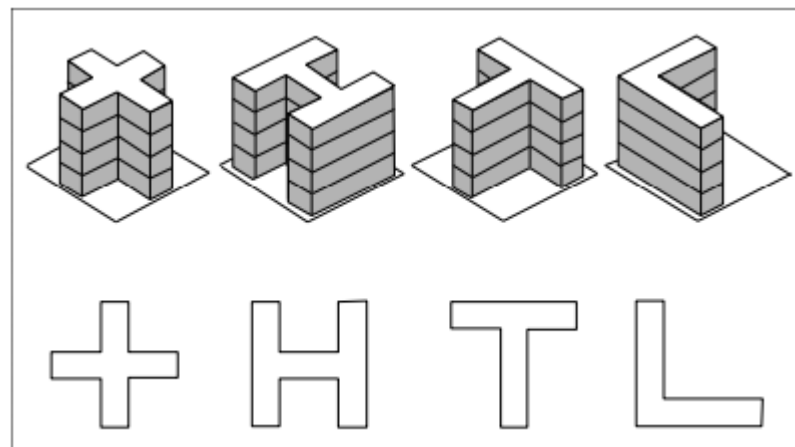
Se conoce que el movimiento del suelo se compone de la propagación de la onda, la velocidad de propagación de la onda depende del tipo de suelo que se encuentre la estructura. En un momento dado, la excitación que se produce en el punto de apoyo de la estructura es diferente a los otros apoyos de la misma, y va ir en aumento conforme la longitud del edificio en dirección de las ondas, Los edificios cortos pueden acomodar la propagación de las ondas más fácilmente que los largos. Teniendo en cuenta la situación anterior, el método para corregir el problema de las edificaciones excesivamente largas es dividir la estructura en bloques, insertando juntas de dilatación sísmica en cada uno. El diseño de estas uniones debe permitir

que cada bloque se mueva completamente individual, sin riesgo de colisión entre los diferentes cuerpos o bloques que componen el edificio.

### **Concentración de esfuerzos debido a plantas complejas**

La concentración de esfuerzos nace de las estructuras con plantas complejas, es decir cuando dos puntos esquineros del edificio están distantes en diferentes direcciones, obteniendo de esta manera a forma en H, U, L, etc. y se los ve usualmente en los edificios para ocupación hospitalaria.

En las plantas irregulares los puntos esquineros menos distantes se pueden asimilar a un voladizo que se encuentra empotrado en el cuerpo del edificio, este lugar sufrirá una menor deformación lateral (Ilustración 3). De esta manera aparece grandes esfuerzos en la zona de transición, produciendo a menudo daños en los elementos que se considera no estructurales.



**Ilustración 3. formas geométricas complejas en planta.  
Fuente:(Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)**

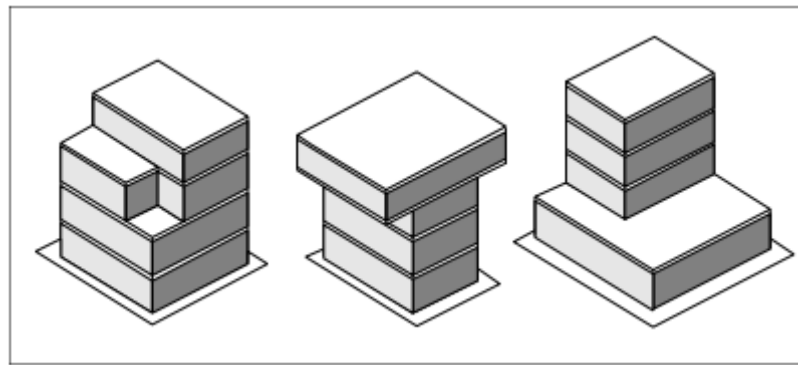
Para estos casos una solución que es adoptada frecuentemente es la construcción de juntas de dilatación sísmica, como se explicó en el caso de los edificios largos. las juntas permiten que cada bloque tenga su propio movimiento individual sin estar impedido por el resto del edificio.

#### **2.2.2 Problemas de configuración en altura**

##### **Escalonamientos**

Este tipo de escalonamiento se presenta por diseños arquitectónicos. Sin embargo, estos tipos de escalonamientos producen un cambio brusco de rigidez; teniendo una

gran concentración de fuerzas, produciendo daño en los pisos continuos a la zona del cambio durante un evento sísmico. (Ilustración 4) Para el diseño sísmico óptimo se busca que el cambio de rigidez tenga una transición suave para evitar concentraciones de esfuerzos en dichas zonas.



**Ilustración 4. Formas irregulares en altura.**  
**Fuente:(Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)**

## **2.3 CONFIGURACIÓN ESTRUCTURAL**

### **2.3.1 Concentraciones de masa**

Otro aspecto importante dentro del grupo de configuración estructural es la concentración de masas, esto se debe a la variación de peso de cada piso del edificio, produciendo altas concentraciones de masas. El mayor problema es cuando dichas concentraciones se encuentran ubicadas en el piso más lejano de la superficie, haciendo que durante un evento sísmico las aceleraciones tengan una mayor fuerza sísmica de respuesta en esa zona.

Por expuesto en lo anterior, en el diseño arquitectónico se recomienda disponer de espacios libres, como sótanos o en construcciones aisladas.

### **2.3.2 Pisos suaves**

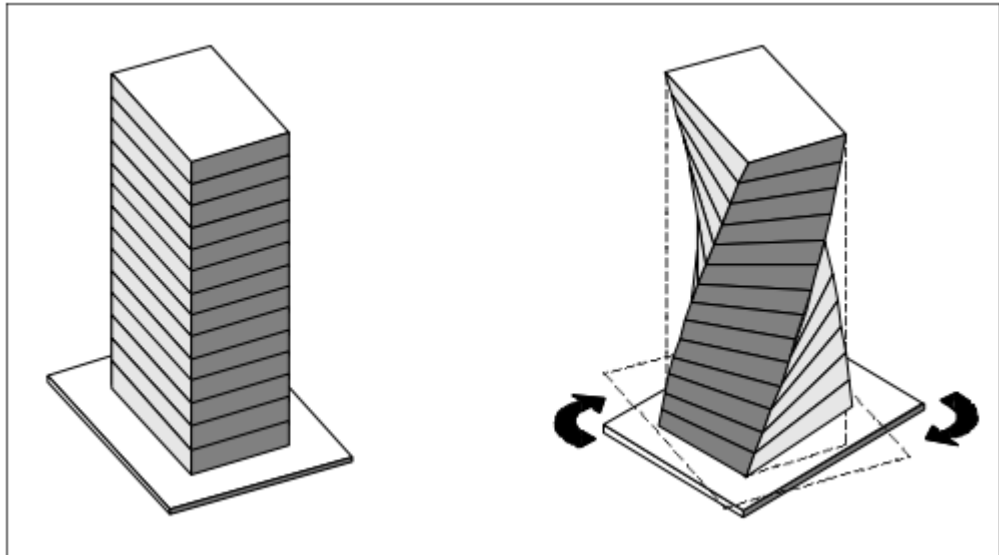
Los pisos suaves o también llamados piso débiles son aquellos que tienen una vulnerabilidad al daño sísmico que los restantes, debido a que tienen menor rigidez, menor resistencia o ambas cosas: La presencia de pisos suaves se puede atribuir a:

- Diferencia de altura entre pisos.

- Interrupción de elementos estructurales verticales en el piso.

### 2.3.3 Torsión

La torsión ha sido causa de importantes daños de edificios sometidos a sismos intensos, que van desde la distorsión hasta el colapso estructural (*Ilustración 7* Ilustración 5).



**Ilustración 5. Efectos producidos por la torsión.**  
**Fuente: (Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)**

Cuantitativamente, puede considerarse que una excentricidad entre el centro de la masa y de rigidez es grande cuando supera el 10% de la dimensión en planta bajo análisis. En un caso así deben tomarse medidas correctivas en el planteamiento estructural del edificio.

Si se contempla además la situación en altura, el panorama de la torsión puede complicarse aún más cuando hay irregularidades verticales, como los escalonamientos.

En efecto, la parte superior del edificio transmite a la inferior un cortante excéntrico, lo cual provoca torsión del nivel de transición hacia abajo, independientemente de la simetría o asimetría estructural de los pisos superiores e inferiores.

Como todos los problemas de configuración, el de la torsión debe ser enfrentado desde la etapa de diseño espacial y de forma de la edificación. Los correctivos

necesarios para el problema de la torsión pueden resumirse en general en los siguientes puntos:

- Las torsiones deben ser consideradas inevitables, debido a la naturaleza del fenómeno y a las características de la estructura. Por esta razón, se sugiere proveer a los edificios de rigidez, mediante la cual se busca reducir la posibilidad de giro en planta. (Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)
- A efectos del control de la torsión, debe estudiarse con cuidado el planteamiento de la estructura en planta y en altura, así como la presencia y la necesidad de aislamiento de los muros divisorios no estructurales que puedan intervenir estructuralmente en el momento de un sismo. Finalmente, el objetivo debe ser proveer a la estructura con la mayor simetría posible de la rigidez con respecto a la masa. (Christopher Arnold- Robert Reitherman, 1987)

## **CAPÍTULO III: ANÁLISIS SÍSMICO SEGÚN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-15)**

### **3.1 ANÁLISIS DE AMENAZA SÍSMICA**

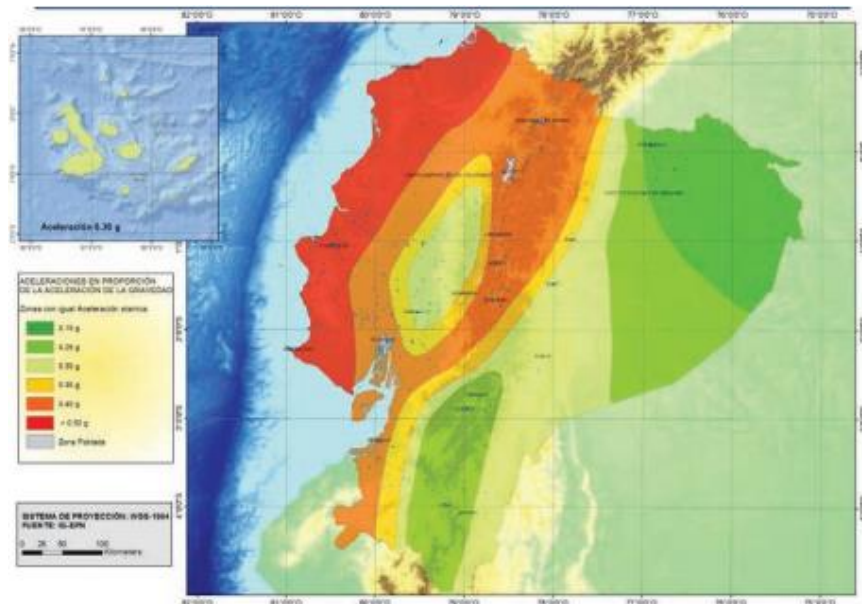
La amenaza sísmica se define como la probabilidad de que durante un cierto periodo determinado de tiempo se presente un sismo potencialmente desastroso. En la Tabla 1 se muestra la clasificación de los sismos según los niveles de peligro y periodo medio de retorno. (NEC\_SE\_DS, 2015)

Nivel de sismo	Sismo	Probabilidad de excedencia en 50 años	Periodo de retorno $T_r$ (años)	Tasa anual de excedencia ( $1/T_r$ )
1	Frecuente (menor)	50%	72	0.01389
2	Ocasional (moderado)	20%	225	0.00444
3	Raro (severo)	10%	475	0.00211
4	Muy raro* (extremo)	2%	2 500	0.00040

**Tabla 1. Niveles de amenaza sísmica.  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)**

La aceleración sísmica máxima en el terreno (PGA) que corresponde a aceleraciones horizontales del sismo de diseño propuesto por la norma ecuatoriana de la construcción (NEC\_SE\_DS, 2015) la cual se la expresa como un valor porcentual de la aceleración gravitatoria terrestre de ( $g=9,81 \text{ m/s}^2$ ). En la Ilustración 6 se muestra el mapa de zonificación sísmica para diseño la cual proviene del estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno de 475 años). (NEC\_SE\_DS, 2015)





**Ilustración 6. Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z.**

**Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)**

En la Tabla 2 se muestra las diferentes zonas sísmicas del Ecuador, las mismas que están divididas en seis partes dependiendo su caracterización del peligro sísmico, con su correspondiente valor de “Z” (aceleración en función de la gravedad) (NEC\_SE\_DS, 2015)

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

**Tabla 2. Valores del factor Z en función de la zona sísmica adoptada.**

**Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)**

## **3.2 REPRESENTACIÓN DE LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS**

### **3.2.1 Espectro De Respuesta**

La vibración en una estructura se empieza a transmitir desde las bases, para lo cual en sistemas completamente rígidos la vibración será igual tanto para las bases como para el edificio. Pero, al existir cierta elasticidad dicha vibración no será la misma en todas las partes de la estructura, y por lo tanto las aceleraciones y periodo de vibración en la base son diferentes a las del edificio.

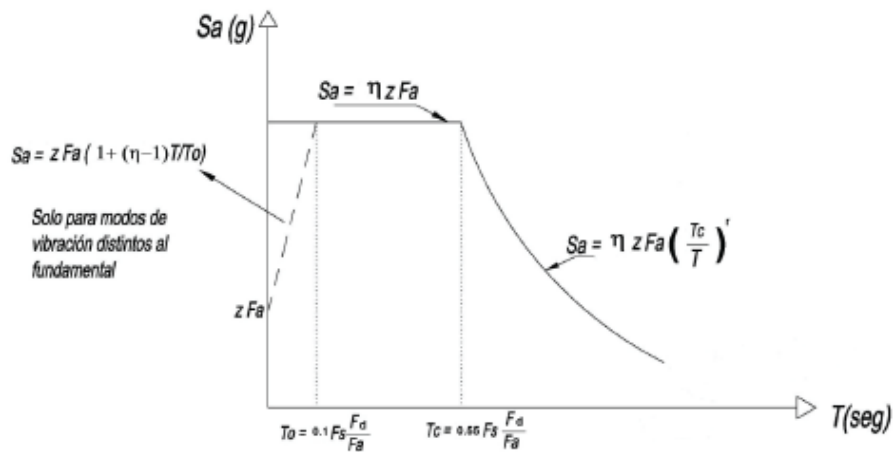
La máxima aceleración absoluta de la vibración de una estructura es representada en el espectro elástico de respuesta, el cual consta de unidades de aceleración. Se ha demostrado mediante estudios experimentales que el espectro depende de dos factores:

1. Aceleración de la vibración a la cual está sometida la base. La vibración de la base y la estructura no son independientes, a medida que crece una la otra también aumenta de forma lineal. Esto implica que el espectro de respuesta elástico se lo muestre como el cociente entre el espectro de respuesta en sí y la aceleración producida en la base.
2. Periodo oscilación de la estructura. En periodos corto el espectro elástico de respuesta es parecido a la vibración de la base debido a que en periodos muy cortos la estructura es muy rígida. Para periodos largos, el espectro de respuesta elástico es muy reducido y al ser la vibración más lenta que la del suelo estos se independizan.

### 3.2.2 Espectro De Diseño

El espectro elástico mostrado en la *Ilustración 7. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones*. Ilustración 7, propuesto por la norma ecuatoriana de la construcción (NEC\_SE\_DS, 2015), muestra aceleraciones en función de la gravedad para un sismo de diseño, consiste de 3 componentes:

- Z factor de zona sísmica mostrado en la Tabla 2, el cual depende en qué lugar geográfico se diseñará la estructura.
- Tipo de suelo, cuya clasificación esta mostrada en la Tabla 3
- Coeficientes de amplificación del suelo  $F_a$  (Tabla 4),  $F_d$  (Tabla 5),  $F_s$  (Tabla 6).



Dónde:

$\eta$	Razón entre la aceleración espectral $S_a$ ( $T = 0.1$ s) y el PGA para el periodo de retorno seleccionado.
$F_a$	Coefficiente de amplificación de suelo en la zona de periodo cortó. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de aceleraciones para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
$F_d$	Coefficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio
$F_s$	Coefficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos, la degradación del periodo del sitio que depende de la intensidad y contenido de frecuencia de la excitación sísmica y los desplazamientos relativos del suelo, para los espectros de aceleraciones y desplazamientos
$S_a$	Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad $g$ ). Depende del periodo o modo de vibración de la estructura
$T$	Periodo fundamental de vibración de la estructura
$T_0$	Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
$T_c$	Periodo limite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño
$Z$	Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad $g$

Ilustración 7. Espectro elástico horizontal de diseño en aceleraciones.

Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	$1500$ m/s $> V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$760$ m/s $> V_s \geq 360$ m/s
Tipo de perfil	Descripción	Definición
	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	$N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ kPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$360$ m/s $> V_s \geq 180$ m/s
	Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	$50 > N \geq 15.0$ $100$ kPa $> S_u \geq 50$ kPa
E	Perfil que cumpla el criterio de velocidad de la onda de cortante, o	$V_s < 180$ m/s
	Perfil que contiene un espesor total H mayor de 3 m de arcillas blandas	$IP > 20$ $w \geq 40\%$ $S_u < 50$ kPa
F	Los perfiles de suelo tipo F requieren una evaluación realizada explícitamente en el sitio por un ingeniero geotecnista. Se contemplan las siguientes subclases:	
	F1—Suelos susceptibles a la falla o colapso causado por la excitación sísmica, tales como; suelos licuables, arcillas sensitivas, suelos dispersivos o débilmente cementados, etc.	
	F2—Turba y arcillas orgánicas y muy orgánicas (H > 3m para turba o arcillas orgánicas y muy orgánicas).	
	F3—Arcillas de muy alta plasticidad (H > 7.5 m con índice de Plasticidad IP > 75)	
	F4—Perfiles de gran espesor de arcillas de rigidez mediana a blanda (H > 30m)	
	F5—Suelos con contrastes de impedancia $\alpha$ ocurriendo dentro de los primeros 30 m superiores del perfil de subsuelo, incluyendo contactos entre suelos blandos y roca, con variaciones bruscas de velocidades de ondas de corte.	
	F6—Rellenos colocados sin control ingenieril.	

**Tabla 3. Clasificación de los perfiles de suelo.**

Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y la sección <a href="#">10.5.4</a>					

**Tabla 4. Tipo de suelo y Factores de sitio Fa.**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

**Tabla 5. Tipo de suelo y Factores de sitio Fd.**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.40
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase <a href="#">Tabla 2</a> : Clasificación de los perfiles de suelo y 10.6.4					

**Tabla 6. Tipo de suelo y Factores del comportamiento inelástico del subsuelo Fs.**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

### 3.2.3 Acelerogramas

Los acelerógrafos registran las aceleraciones del suelo durante un sismo respecto al tiempo, a estos datos recolectados se los denomina acelerogramas. La (NEC\_SE\_DS, 2015) estipula los siguientes requisitos para los análisis dinámicos:

Para el análisis paso a paso en el tiempo se utilizarán las 2 componentes del registro de acelerogramas, tanto para “Este” como “Norte”, apropiadamente seleccionadas y escaladas de no menos 3 registros de eventos sísmicos.

En los acelerogramas deben constar todas sus características, tales como magnitud, mecanismos de falla, efectos de suelo y distancia a la falla.

Se considerará para el diseño la respuesta máxima de los parámetros de interés cuando solo se consideren datos de 3 pares de registro.

Cuando se realicen más de 7 análisis paso a paso el tiempo, el valor utilizado para el diseño será el promedio de los parámetros de respuesta de interés.

- Acelerogramas artificiales

Los acelerogramas artificiales se los utilizarán cuando no se dispongan de por lo menos 3 eventos sísmicos, en lo cual deberán ser simulados apropiadamente para generar componentes y número de registros requeridos.

- Componentes de los acelerogramas

Se debe construir la raíz cuadrada de la suma de cuadrados para cada par de componentes horizontales de los acelerogramas, de los espectros característicos del sitio, para una fracción del amortiguamiento respecto al crítico de 5%.

El escalamiento de los acelerogramas debe realizarse de tal forma que el valor promedio de los espectros que provienen del método SRSS (Raíz cuadrada de la suma de los cuadrados) de los espectros de los registros no estén por debajo para periodos entre  $0,2T$  y  $1,5T$  del espectro de aceleraciones amortiguado al 5% del sismo de diseño. Ambas componentes de los acelerogramas se deberán aplicar de manera simultánea al modelo estructural con el fin de tomar a consideraciones efectos torsionales.

### 3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS SÍSMICOS

#### 3.3.1 Métodos Estáticos

El método estático equivalente consiste en una fuerza lateral que se distribuye de forma uniforme en la altura de cada eje principal de la estructura al momento de ser diseñadas. La fuerza sísmica total, cortante basal, ubicada en la base de la estructura se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I S_a(T_a)}{R \phi_p \phi_e} W$$

Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

En donde:

V: Cortante basal de la estructura.

I: Factor de importancia de la estructura.

S<sub>a</sub> (T<sub>a</sub>): Aceleración en función del periodo de la estructura.

$\phi_p \phi_e$ : Coeficiente de planta y elevación.

R: Factor de reducción de resistencia sísmica.

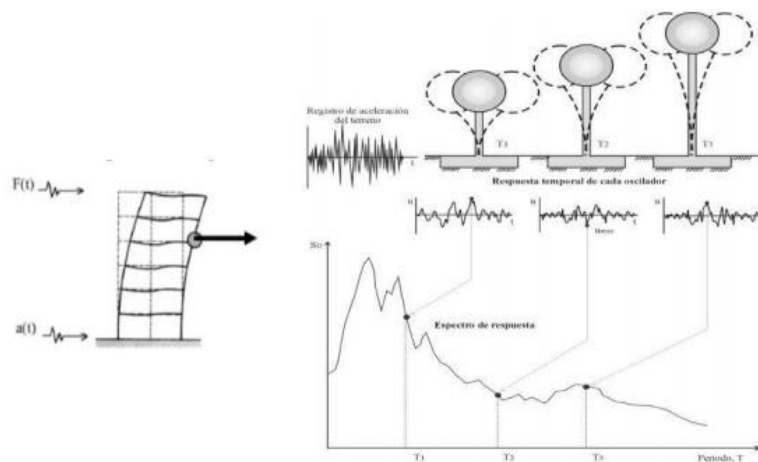
W: Carga sísmica reactiva.

### 3.3.2 Métodos Dinámicos

Las metodologías de análisis dinámicos que se utilicen deben corresponder a principios establecidos en la mecánica estructural, tomando en consideración los requisitos y recomendaciones de la (NEC\_SE\_DS, 2015), los resultados de estos análisis son esfuerzos y deformaciones que se deben a una excitación que varía en función del tiempo.

#### 3.3.2.1 Análisis Dinámico Modal Espectral

La base metodológica del análisis modal espectral radica en que la vibración del suelo se transmite a toda la estructura por medio de sus elementos, lo que conlleva a que las principales masas se desplacen en forma relativa respecto al suelo. Como se muestra en la Ilustración 8, la estructura se puede asimilar como un péndulo invertido el cual es sometido a una vibración en la base, en los cuales cada uno representa el comportamiento de los modos de vibrar de la estructura. Por lo que, todos los péndulos al ser sometidos a una vibración en la base no responden del mismo modo. De hecho, es importante conocer que cada estructura tiene una frecuencia propia la cual está determinada tanto por su altura como su rigidez, a la que vibrará frente a cualquier excitación a la que se la vaya a someter.



**Ilustración 8. Metodología del método análisis espectral modal.**  
**Fuente: (Francisco Martínez Alonso, Ingeniero Industrial, n.d.)**



### **3.3.2.2 Análisis Paso a paso en el tiempo**

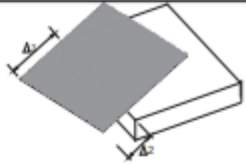

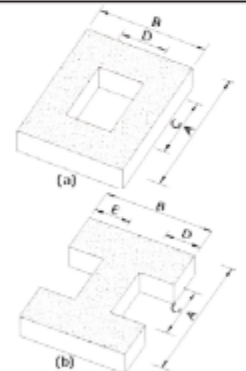
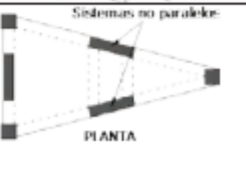
El análisis paso a paso en el tiempo corresponde al comportamiento dinámico de una estructura que está sometida en la base a un registro sísmico (acelerograma) a lo largo del tiempo.

Según establece la (NEC\_SE\_DS, 2015), los análisis elásticos paso a paso en el tiempo deben:

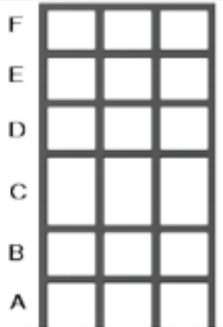
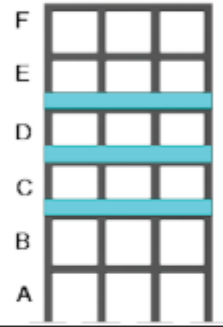
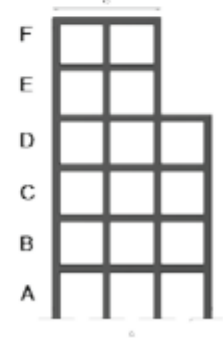
- Cumplir con los requisitos especificados para realizar análisis dinámicos.
- Construir modelos matemáticos de las estructuras.
- Definir la acción sísmica.
- Definir el número de modos.
- Definir la reducción de los parámetros elásticos de respuesta a efectos de diseño.
- Definir los efectos direccionales de torsión y de registros de aceleración.

### **3.4 IRREGULARIDADES SEGÚN NEC**

La norma obliga para el caso de estructuras irregulares, tanto en planta (mostrado en la Ilustración 9) como elevación (Ilustración 10), el uso de coeficientes de configuración estructural que castigan dichas estructuras aumentando la fuerza sísmica debido a que podrían ocasionar un comportamiento estructural deficiente ante la amenaza de un sismo (Norma Ecuatoriana de Construcción, 2015).

<p><b>Tipo 1 - Irregularidad torsional</b>  <math>\phi_{tr}=0.9</math>  <math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math></p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Retrocesos excesivos en las esquinas</b> <math>\phi_{tr}=0.9</math>  <math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Discontinuidades en el sistema de piso</b>  <math>\phi_{tr}=0.9</math>  a) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math>  b) <math>[C \times D + C \times E] &gt; 0.5A \times B</math></p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p><b>Tipo 4 - Ejes estructurales no paralelos</b>  <math>\phi_{tr}=0.9</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

**Ilustración 9 Coeficientes de irregularidad en planta**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

<p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  Rigidez <math>K_c &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_D</math>  <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math> ó  <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

**Ilustración 10 Coeficiente de irregularidad en elevación.**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

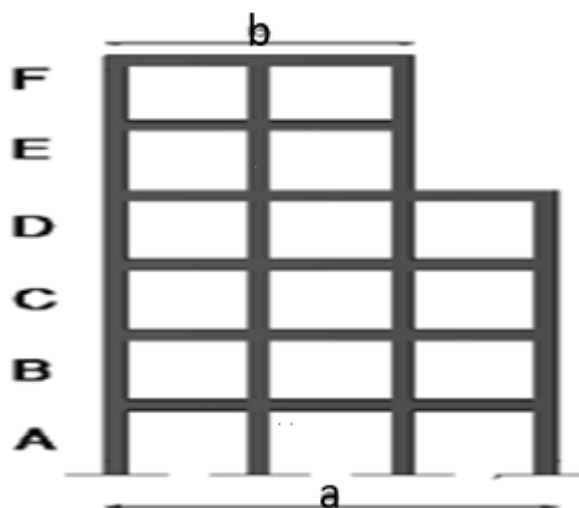
## CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA

Para la realización de este trabajo de titulación se partirá de una estructura completamente simétrica a la cual se la modificará en su geometría con el fin de aumentar su grado de irregularidad. La forma de calcular el grado de irregularidad de la estructura se lo muestra en la siguiente ecuación:

$$GI= a/b$$

En donde:

- GI: Grado de irregularidad
- a= Dimensión en planta de un piso cualquiera (mostrado en la Ilustración 11)
- b= Dimensión en planta de un piso adyacente (mostrado en la Ilustración 11)



**Ilustración 11 Irregularidad geométrica en elevación**  
Fuente: (NEC\_SE\_DS, 2015)

### 4.1 DEFINICIÓN DE PROTOTIPOS

Se partirá de un modelo base el cual se modificará su geometría con el fin de generar 8 prototipos a los cuales se les analizará como varía su respuesta en función de los diferentes grados de irregularidad.

#### 4.1.1 Materiales

El modelo estructural se lo considero de hormigón reforzado para el cual las propiedades de sus materiales son las siguientes:

- Peso específico hormigón armado: 2400 kg/m<sup>3</sup>
- F'c (Resistencia a compresión del hormigón): 280 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad del hormigón: 252671,328 kg/cm<sup>2</sup>
- Peso específico del acero: 7850 kg/m<sup>3</sup>
- Fy (Esfuerzo de fluencia del acero): 4200 kg/cm<sup>2</sup>
- Módulo de elasticidad del acero: 2100000 kg/cm<sup>2</sup>

#### 4.1.2 Cargas consideradas para los análisis

**Carga muerta:** Se consideró una sobrecarga de 600 kg/m<sup>2</sup> distribuida en todas las losas de todos los pisos de la estructura, y además se incluyó el peso propio de los elementos (vigas y columnas).

**Carga viva:** Se consideró una carga viva de apartamentos de 200 kg/m<sup>2</sup>, la cual está establecida en la norma ecuatoriana de la construcción (NEC\_SE\_CG, 2015).

**Carga sísmica:** Se construyó el espectro de diseño para la ciudad de Guayaquil, de un suelo tipo E, el cual tiene una probabilidad de excedencia del 10% en 50 años con un periodo de retorno de 475 años.

#### 4.1.3 Dimensiones de los elementos estructurales

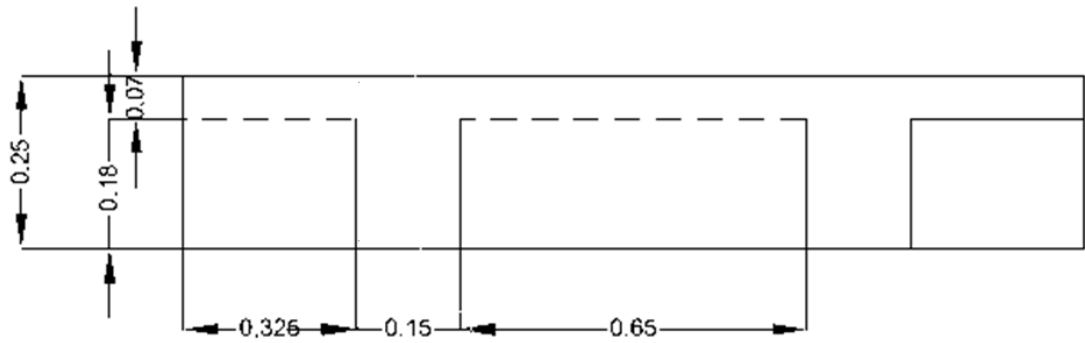
En la Tabla 7 se muestran las dimensiones de los elementos estructurales utilizados en el modelo.

PISO	VIGAS EJE X	VIGAS EJE Y	COLUMNAS
3	25X40	25X40	40X40
2	25X40	25X40	40X40
1	25X40	25X40	40X40

**Tabla 7. Dimensiones de vigas utilizadas.**

**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

En la *Ilustración 12. Sección de losa aligerada*. Ilustración 12 se muestra el detalle de la losa utilizada para la realización del modelo estructural



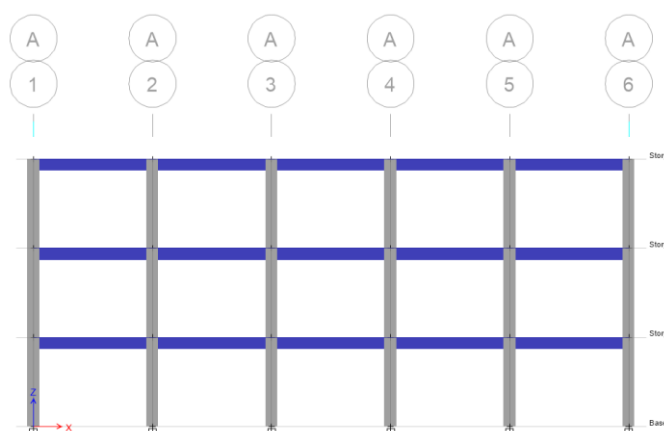
**Ilustración 12. Sección de losa aligerada.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

## 4.2 PROTOTIPO BASE

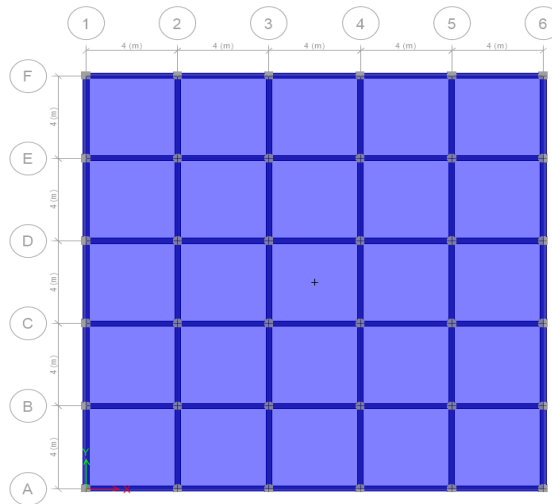
En la Ilustración 13 e Ilustración 14 se muestra la vista en planta y un corte en elevación del prototipo base, el cual es completamente simétrico con 5 tramos de 4 metros tanto en el sentido “X” como en “Y” y una altura constante entre pisos de 3 metros. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la **Tabla 8. *Peso sísmico por piso prototipo base*** Tabla 8 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. Al tratarse de una estructura completamente simétrica el grado de irregularidad es 1.

Nivel	h (altura)	$W_i$ (TON)
3	9	332.77
2	6	353.54
1	3	353.54
SUMA		1039.9

**Tabla 8. Peso sísmico por piso prototipo base**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 13. Modelo tipo base en vista transversal.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 14. Modelo tipo base en vista en planta.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 4.2.1 Prototipo 1.A

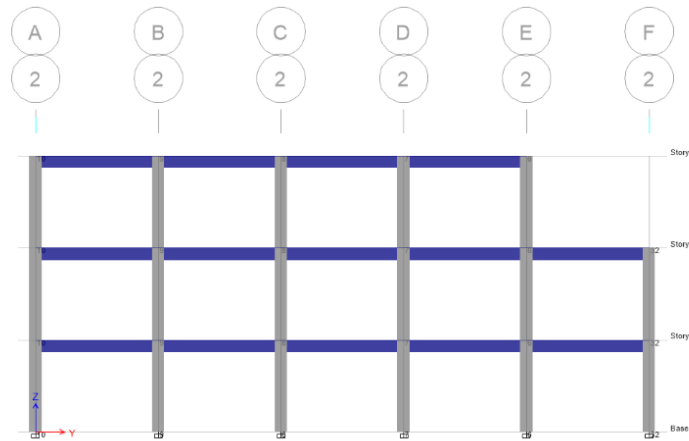
En la ilustración 15 e ilustración 16 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 3, ubicados entre los ejes del “F” al “E” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 9 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

$$GI = \frac{20}{16} = 1,25$$

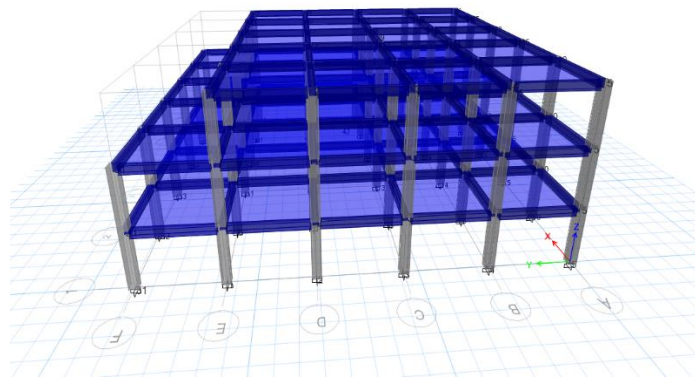
Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	267.78
2	6	350.08
1	3	353.54
<b>SUMA</b>		971.4

**Tabla 9. Peso sísmico por piso prototipo 1**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**





**Ilustración 15. Modelo prototipo 1 en vista transversal.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 16. Modelo prototipo 1 en vista transversal 3D.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

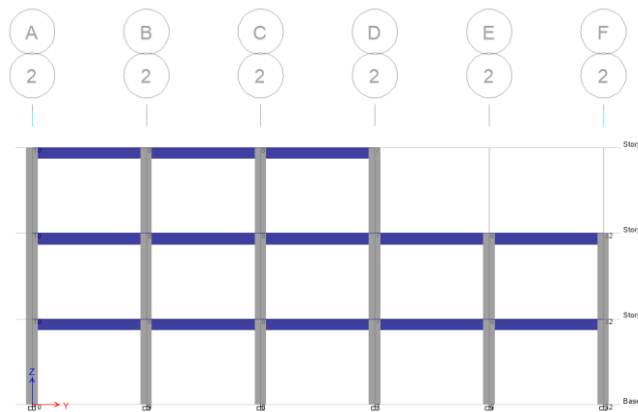
#### 4.2.2 Prototipo 2.A

En la *Ilustración 17. Modelo prototipo 2 vista transversal.* Ilustración 17 e Ilustración 18 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 3, ubicados entre los ejes del “F” al “D” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 10 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

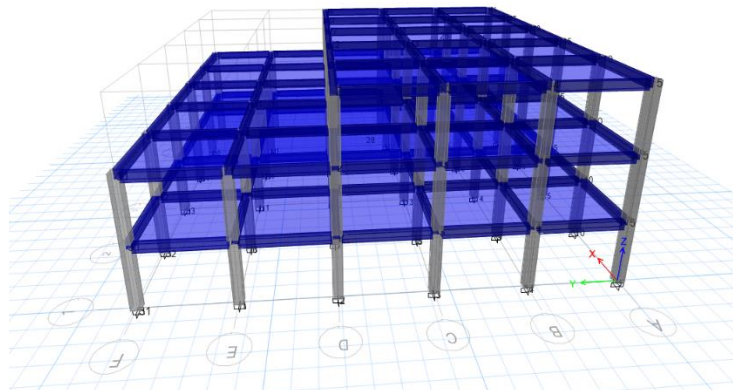
$$GI = \frac{20}{12} = 1,66$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	202.78
2	6	346.62
1	3	353.54
SUMA		902.9

**Tabla 10. Peso sísmico por piso prototipo 2**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 17. Modelo prototipo 2 vista transversal.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 18. Modelo prototipo 2 vista transversal 3D.**

Fuente: Carlos Méndez Rugel

### 4.2.3 Prototipo 3.A

En la Ilustración 19 e Ilustración 20 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 3, ubicados entre los ejes del “F” al “C” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 11 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

$$GI = \frac{20}{8} = 2,5$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	137.78
2	6	343.16
1	3	353.54
SUMA		834.5

Tabla 11. Peso sísmico por piso prototipo 3.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

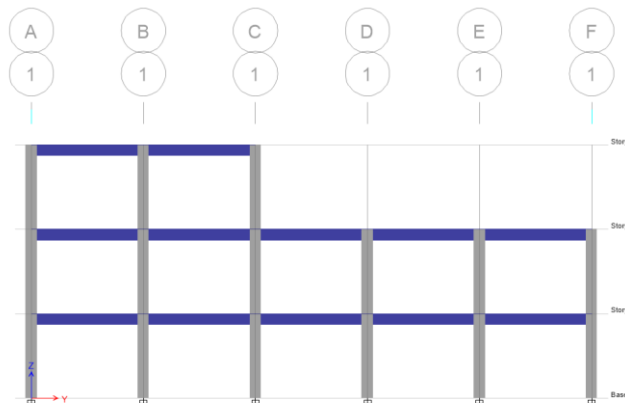
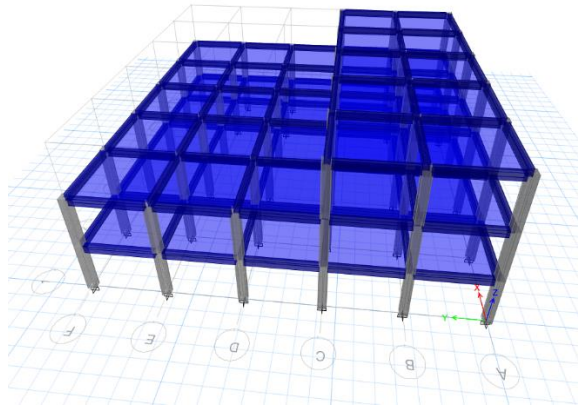


Ilustración 19. Modelo prototipo 3 vista transversal.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 20. Modelo prototipo 3 vista transversal 3D.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

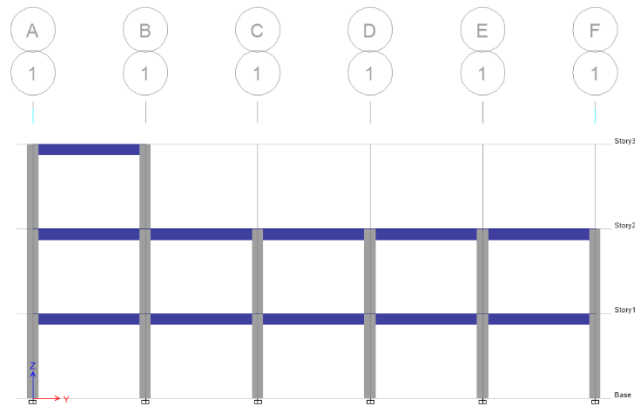
#### 4.2.4 Prototipo 4.A

En la Ilustración 21 e Ilustración 22 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 3, ubicados entre los ejes del “F” al “B” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 12 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

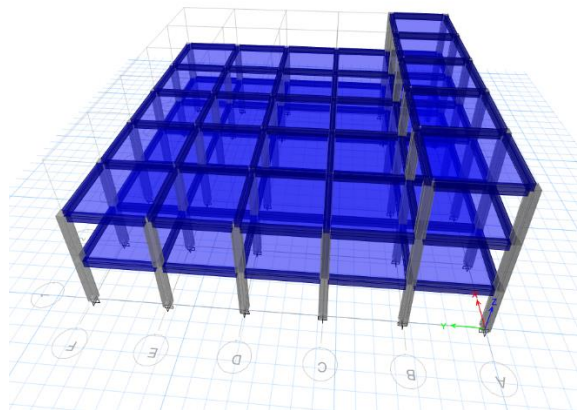
$$GI = \frac{20}{4} = 5$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	72.79
2	6	339.70
1	3	353.54
SUMA		766.0

**Tabla 12. Peso sísmico por piso prototipo 3  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 21. Modelo prototipo 4 vista transversal.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 22. Modelo prototipo 4 vista transversal 3D.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

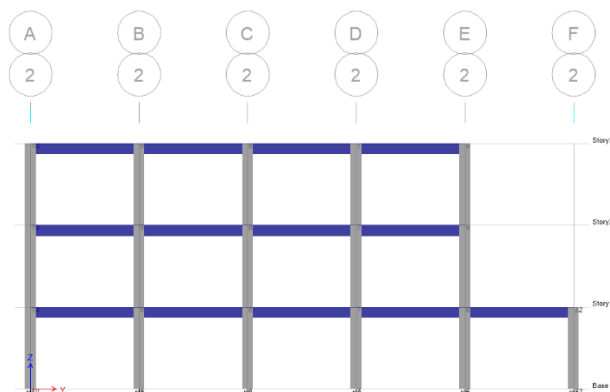
#### 4.2.5 Prototipo 1.B

En la Ilustración 23 e *Ilustración 24. Modelo prototipo 5 vista transversal 3D*. Ilustración 24 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 2 Y 3, ubicados entre los ejes del “F” al “E” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 13 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

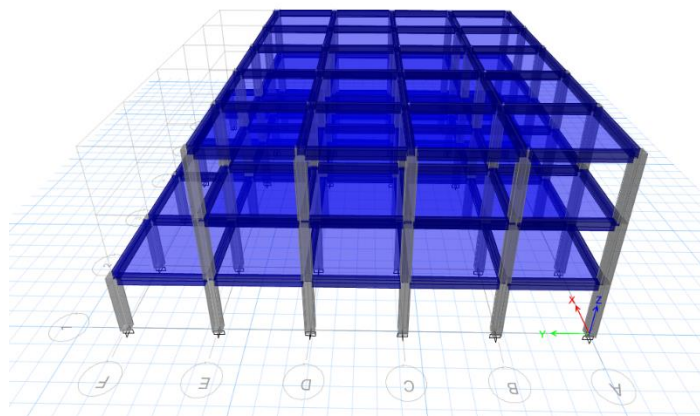
$$GI = \frac{20}{16} = 1,25$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	267.78
2	6	285.08
1	3	350.08
SUMA		902.9

**Tabla 13. Peso sísmico por piso prototipo 3.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 23. Modelo prototipo 5 vista transversal.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



### Ilustración 24. Modelo prototipo 5 vista transversal 3D.

Fuente: Carlos Méndez Rugel

#### 4.2.6 Prototipo 2.B

En la Ilustración 25 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 2 Y 3, ubicados entre los ejes del “F” al “D” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 14 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

$$GI = \frac{20}{12} = 1,66$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	202.78
2	6	216.62
1	3	346.62
SUMA		766.0

Tabla 14. Peso sísmico por piso prototipo 3.

Fuente: Carlos Méndez Rugel

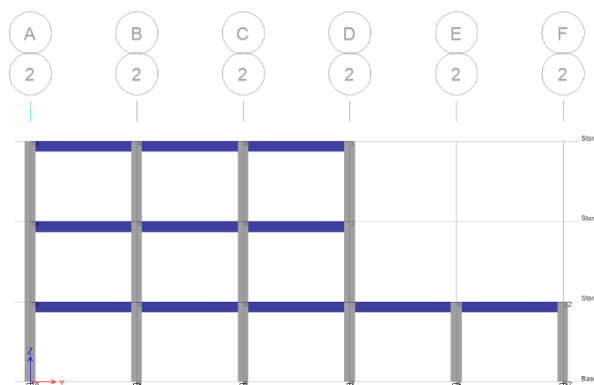
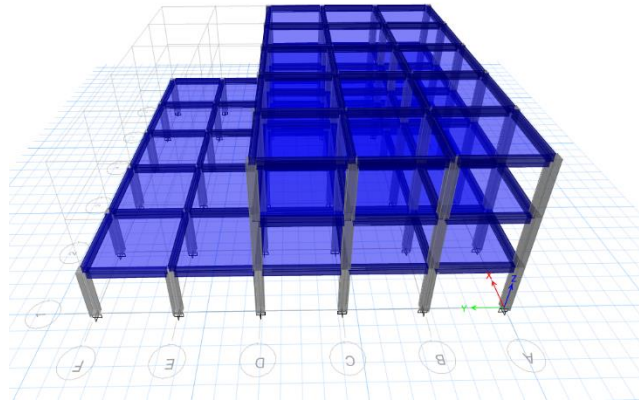


Ilustración 25. Modelo prototipo 6 vista transversal.

Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 26. Modelo prototipo 6 vista transversal 3D.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 4.2.7 Prototipo 3.B

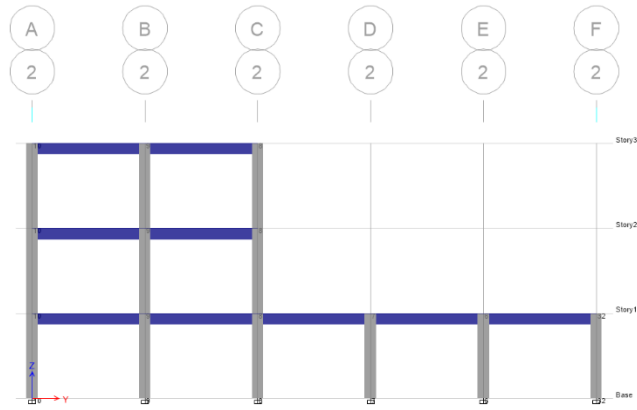
En la Ilustración 27 e Ilustración 28 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 2 Y 3, ubicados entre los ejes del “F” al “C” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 15 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

$$GI = \frac{20}{8} = 2,5$$

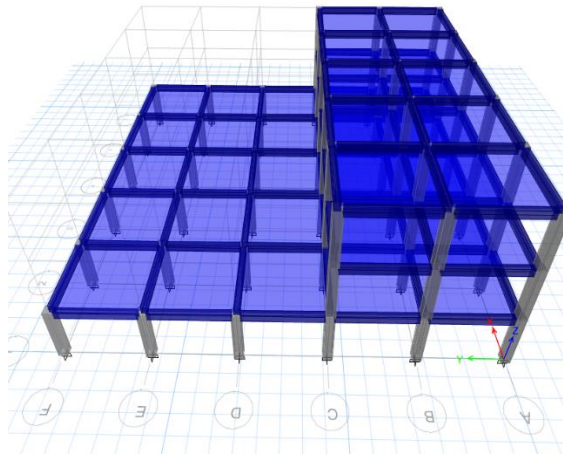
Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	137.78
2	6	148.17
1	3	343.16
<b>SUMA</b>		629.1

**Tabla 15. Peso sísmico por piso prototipo 3**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**





**Ilustración 27. Modelo prototipo 7 vista transversal.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 28. Modelo prototipo 7 vista transversal 3D.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

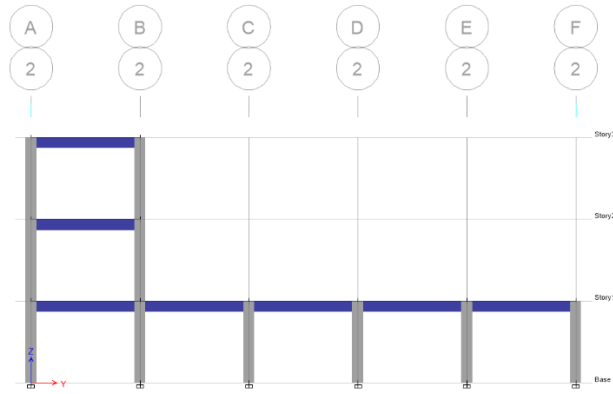
#### 4.2.8 Prototipo 4.B

En la Ilustración 29 e Ilustración 30 se muestra una vista tanto en elevación como en 3D. Para este prototipo se eliminan los paños de losa del piso número 2 Y 3, ubicados entre los ejes del “F” al “B” del eje “1” al eje “6”. El peso sísmico por piso ( $W_i$ ) mostrado en la Tabla 16 se lo obtuvo mediante la combinación del 100% de la carga muerta (Peso propio de los elementos + carga muerta sobre impuesta) más el 25% de la carga viva es el siguiente. El grado de irregularidad para este prototipo es:

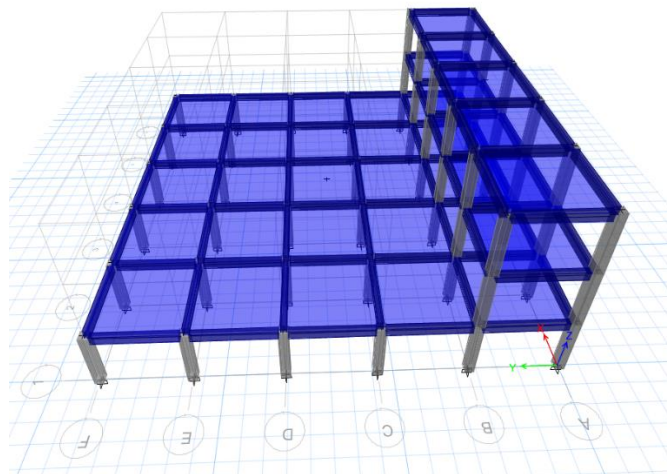
$$GI = \frac{20}{4} = 5$$

Nivel	h (altura)	Wi (TON)
3	9	72.78
2	6	79.71
1	3	339.70
SUMA		492.2

**Tabla 16. Peso sísmico por piso prototipo 3.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 29. Modelo prototipo 8 vista transversal.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 30. Modelo prototipo 8 vista transversal 3D.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### 4.3 DEFINICIÓN DE CARGAS PARA LOS MÉTODOS MODAL ESPECTRAL, ESTÁTICO EQUIVALENTE Y PASO A PASO EN EL TIEMPO.

Se utilizarán los 3 tipos de análisis (Estático equivalente, modal espectral y paso a paso en el tiempo) con el fin de conocer el comportamiento de la estructura a medida que aumente el grado de irregularidad. Los parámetros que se analizarán bajo estos tipos de análisis son tanto como varía el cortante basal (Fuerza sísmica total) como el cortante en las columnas respecto al grado de irregularidad. No se considerará los efectos de torsión accidental debido a que únicamente se estudiará el comportamiento de las estructuras con irregularidad geométrica en elevación.

#### 4.3.1 Método modal espectral

La estructura que se analizará para este trabajo de titulación estará ubicada en la ciudad de guayaquil con un suelo tipo E, la cual tiene un riesgo sísmico alto, por lo que según se le asigna un valor de “Z” (aceleración en función de la gravedad) de 0,4.

Una vez conocido el tipo de suelo y el factor Z se obtienen los valores de Fa (1), Fd (1,6) y Fs (1,9) correspondientes de la Tabla 4, Tabla 5 y Tabla 6.

La estructura será de uso no esencial, para lo cual se utilizará un valor de importancia I=1. El factor de reducción de fuerza sísmica adoptado para este trabajo de titulación es R=5

El periodo fundamental de la estructura será calculado mediante la ecuación mostrada en la Ilustración 31, para lo cual al tratarse de una estructura porticada de hormigón armado  $C_t= 0,055$ ,  $\alpha= 0,9$  y  $H_n= 9m$ .

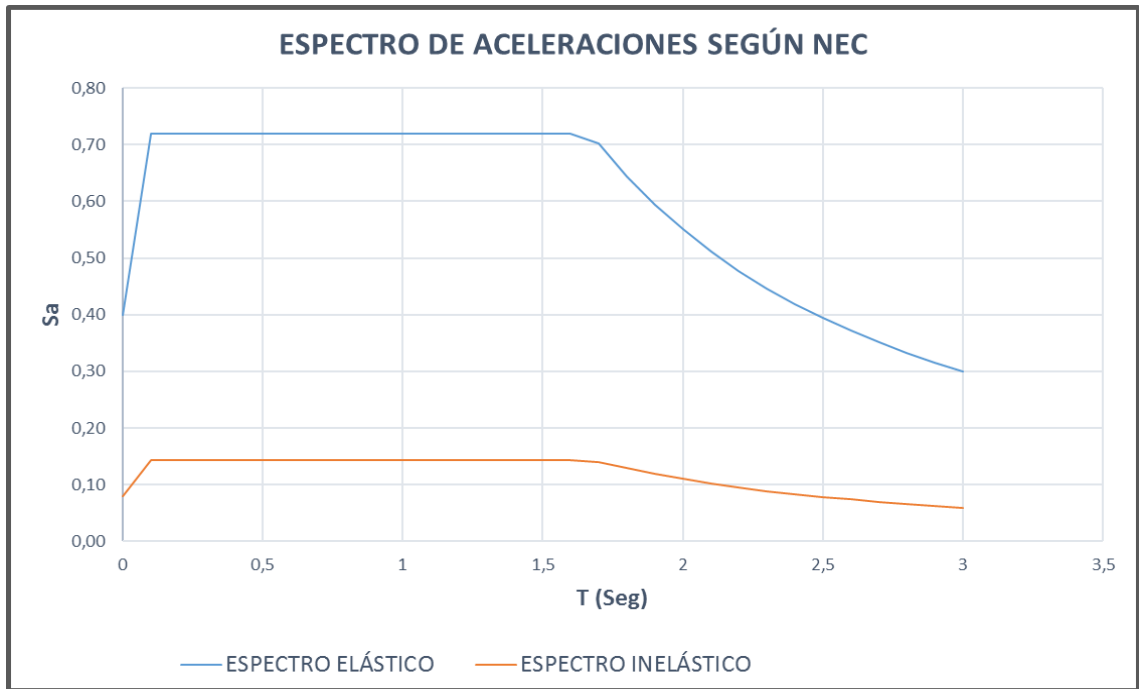
$T = C_t H_n^\alpha$
Dónde:
$C_t$ Coeficiente que depende del tipo de edificio
$h_n$ Altura máxima de la edificación de n pisos, medida desde la base de la estructura, en metros.
$T$ Periodo de vibración

**Ilustración 31. Determinación del período de vibración T.**

A continuación, en la Tabla 17 se muestra los datos utilizados para formar el espectro de aceleraciones mostrado en la Ilustración 32. En la Tabla 18 se muestran a detalle las aceleraciones (en función de la gravedad) con respecto al tiempo.

<b>Z (g)</b>	<b>0.4</b>
<b>Zona sísmica</b>	<b>V</b>
<b>n</b>	<b>1.8</b>
<b>r</b>	<b>1.5</b>
<b>Tipo de suelo</b>	<b>E</b>
<b>Fa</b>	<b>1</b>
<b>Fd</b>	<b>1.60</b>
<b>Fs</b>	<b>1.9</b>
<b>To</b>	<b>0.304</b>
<b>Tc</b>	<b>1.672</b>
<b>Z*Fa</b>	<b>0.4</b>
<b>Sa</b>	<b>0.72</b>
<b>R</b>	<b>5</b>
<b>T(estructura)</b>	<b>0.397</b>
<b>Sa(T)</b>	<b>0.144</b>

**Tabla 17. Datos generales del proyecto.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 32. Espectro de aceleraciones según NEC – Guayaquil - Tipo de suelo E. Fuente: Carlos Méndez Rugel**

<b>T(seg)</b>	<b>Sa</b>	<b>Sa/R</b>
<b>0</b>	<b>0.40</b>	<b>0.08</b>
<b>0.1</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.2</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.3</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.4</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.5</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.6</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.7</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.8</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>0.9</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.1</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.2</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.3</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.4</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.5</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.6</b>	<b>0.72</b>	<b>0.14</b>
<b>1.7</b>	<b>0.70</b>	<b>0.14</b>
<b>1.8</b>	<b>0.64</b>	<b>0.13</b>
<b>1.9</b>	<b>0.59</b>	<b>0.12</b>
<b>2</b>	<b>0.55</b>	<b>0.11</b>
<b>2.1</b>	<b>0.51</b>	<b>0.10</b>
<b>2.2</b>	<b>0.48</b>	<b>0.10</b>
<b>2.3</b>	<b>0.45</b>	<b>0.09</b>

**Tabla 18. Aceleraciones generales del proyecto.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### 4.3.2 Método estático equivalente

El periodo fundamental de la estructura calculado con la Ilustración 31 se mantendrá igual para todos los prototipos debido a que netamente depende del tipo de estructura y de su altura máxima.

En las tablas mostradas a continuación, se muestra la distribución lateral por piso de la fuerza sísmica. En las cuales:

- $K= 1$  debido a que el periodo de la estructura ( $T= 0,397$  seg)  $< 0,5$
- $W_i$ = Peso sísmico por piso
- $C_s = \frac{w*(h^k)}{\sum w*(h^k)}$
- $F_x$ = Fuerza lateral por piso
- $V$ = cortante total por piso

#### CASO BASE

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	$w*(h^k)$	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	400	332.77	2994.96	0.48	72.60	72.60
2	6	400	353.54	2121.24	0.34	51.42	124.03
1	3	400	353.54	1060.62	0.17	25.71	149.74
<b>SUMA</b>			1039.9	6177	1.00		

**Tabla 19. Prototipo base: Distribución de fuerza cortante por piso.**

**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

PROTOTIPO 1.A

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	320	267.78	2409.99	0.43	60.51	60.51
2	6	400	350.08	2100.48	0.38	52.74	113.25
1	3	400	353.54	1060.62	0.19	26.63	139.88
<b>SUMA</b>			971.4	5571	1.00		

**Tabla 20. Prototipo 1: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

PROTOTIPO 2.A

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	240	202.78	1825.01	0.37	47.79	<b>47.79</b>
2	6	400	346.62	2079.71	0.42	54.46	<b>102.25</b>
1	3	400	353.54	1060.62	0.21	27.77	<b>130.02</b>
<b>SUMA</b>			902.9	4965	1.00		

**Tabla 21. Prototipo 2: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



PROTOTIPO 3.A

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	160	137.78	1240.04	0.28	34.18	34.18
2	6	400	343.16	2058.94	0.47	56.75	90.93
1	3	400	353.54	1060.62	0.24	29.23	120.17
<b>SUMA</b>			834.5	4360	1.00		

**Tabla 22. Prototipo 3: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

PROTOTIPO 4.A

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	80	72.79	655.07	0.17	19.25	19.25
2	6	400	339.70	2038.18	0.54	59.89	79.14
1	3	400	353.54	1060.62	0.28	31.17	110.31
<b>SUMA</b>			766.0	3754	1.00		

**Tabla 23. Prototipo 4: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

PROTOTIPO 1.B

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	320	267.78	2409.99	0.47	60.60	60.60
2	6	400	285.08	1710.49	0.33	43.01	103.61
1	3	400	350.08	1050.24	0.20	26.41	130.02
<b>SUMA</b>			902.9	5171	1.00		

**Tabla 24. Prototipo 5: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

PROTOTIPO 2.B

Nivel	h (altura)	Área	Wi (TON)	w*(h^k)	CS	FX	V DE CADA PISO
3	9	240	202.78	1825.01	0.44	48.34	48.34
2	6	400	216.62	1299.74	0.31	34.43	82.76
1	3	400	346.62	1039.85	0.25	27.54	110.31
<b>SUMA</b>			766.0	4165	1.00		

**Tabla 25. Prototipo 6: Distribución de fuerza cortante por piso.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

PROTOTIPO 3.B

<b>Nivel</b>	<b>h (altura)</b>	<b>Área</b>	<b>Wi (TON)</b>	<b>w*(h^k)</b>	<b>CS</b>	<b>FX</b>	<b>V DE CADA PISO</b>
<b>3</b>	9	160	137.78	1240.04	0.39	35.57	35.57
<b>2</b>	6	400	148.17	888.99	0.28	25.50	61.06
<b>1</b>	3	400	343.16	1029.47	0.33	29.53	90.59
<b>SUMA</b>			629.1	3159	1.00		

**Tabla 26. Prototipo 7: Distribución de fuerza cortante por piso.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

PROTOTIPO 4.B

<b>Nivel</b>	<b>h (altura)</b>	<b>Área</b>	<b>Wi (TON)</b>	<b>w*(h^k)</b>	<b>CS</b>	<b>FX</b>	<b>V DE CADA PISO</b>
<b>3</b>	9	80	72.78	655.06	0.30	21.57	21.57
<b>2</b>	6	400	79.71	478.24	0.22	15.75	37.32
<b>1</b>	3	400	339.70	1019.09	0.47	33.56	70.88
<b>SUMA</b>			492.2	2152	1.00		

**Tabla 27. Prototipo 8: Distribución de fuerza cortante por piso.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### **4.3.3 Método paso a paso en el tiempo**

Los registros seleccionados para este trabajo de titulación corresponden al sismo de magnitud de 7,8 en la escala de Richter cuyo epicentro se localizó en la ciudad pedernales. Estos registros fueron tomados de la base de datos del instituto geofísico de la escuela politécnica nacional. Para este análisis se tomarán 7 registros los cuales corresponden a las estaciones de ACUE, AGY1, AGY2, AES2, AMIL, ACH1 y AOTA, luego se los promediará y analizarán.

## **CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

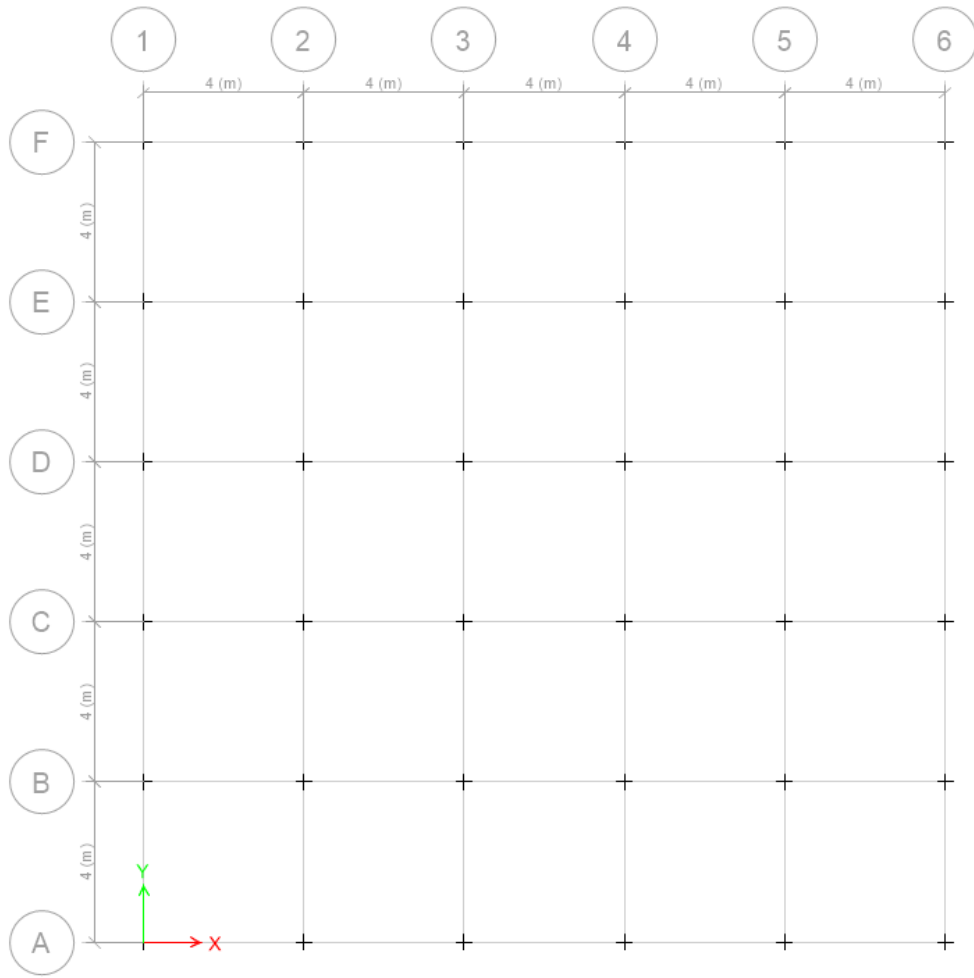
En la Ilustración 33 se muestra una vista en planta del modelo estructural que se estudiará. Para la realización de este trabajo de titulación se analizarán las columnas ubicadas en el eje 2, las cuales se las nombrará según su coordenada correspondientes (COLUMNAS 2A, 2B, 2C, 2D, 2E, 2F).

Se estudiarán los 3 métodos de análisis únicamente a las cargas sísmicas provenientes en el sentido X de la estructura, para lo cual serán nombrados de la siguiente manera:

- Análisis estático equivalente: Le corresponderá el nombre de SX.
- Análisis modal espectral: Le corresponderá el nombre de SISMO X.
- Análisis paso a paso en el tiempo: Le corresponderá el nombre de REGISTRO.

Para los análisis que se realizarán se considerarán los siguientes casos:

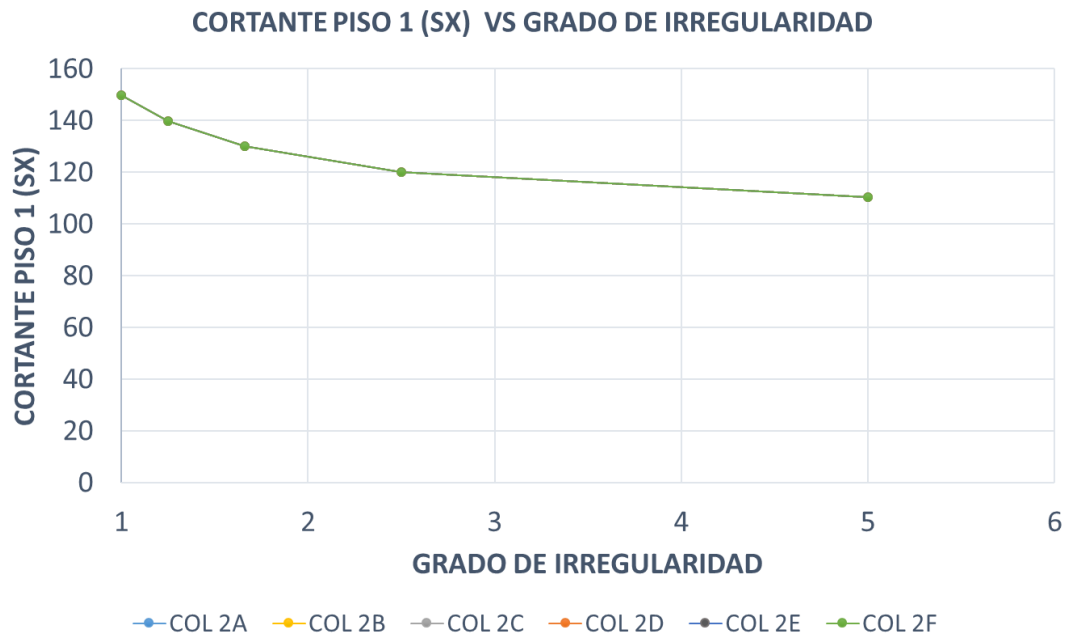
1. Análisis columnas primer piso: casos tipo A.
2. Análisis columnas primer piso: casos tipo B.
3. Análisis columnas segundo piso: casos tipo A.
4. Análisis columnas segundo piso: casos tipo B.



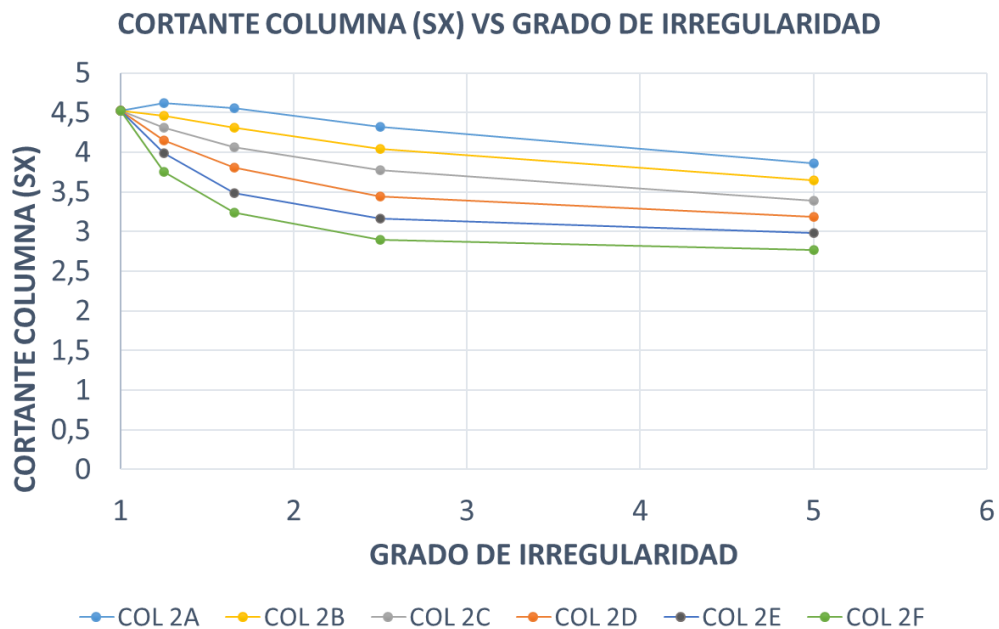
**Ilustración 33 SELECCIÓN DE COLUMNAS HA ANALIZAR**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

## 5.1 MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE

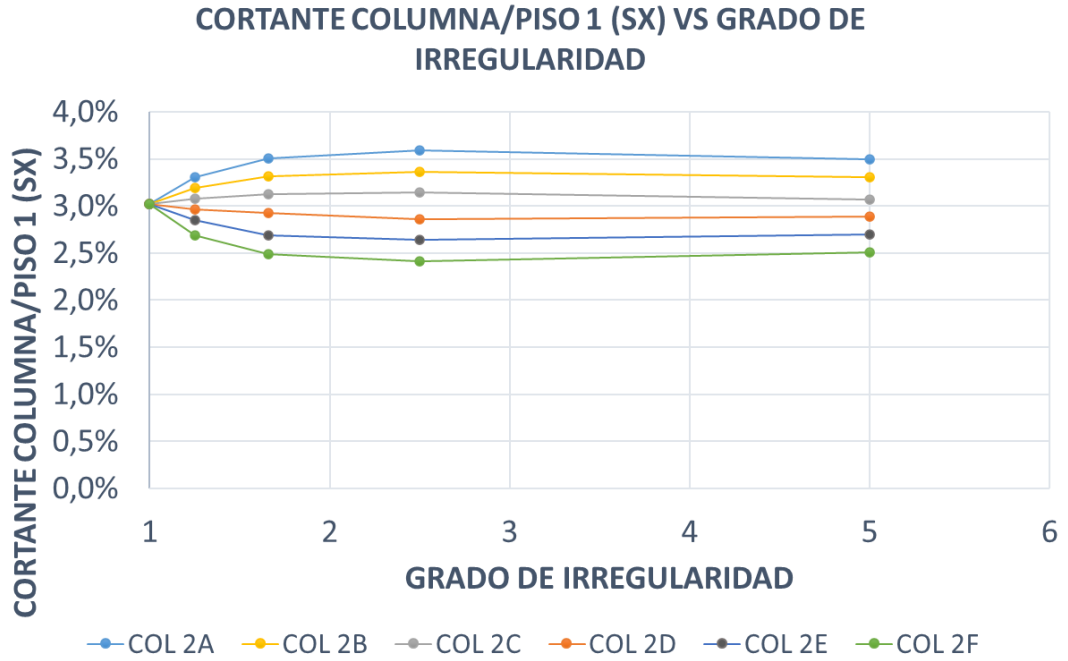
### 5.1.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A



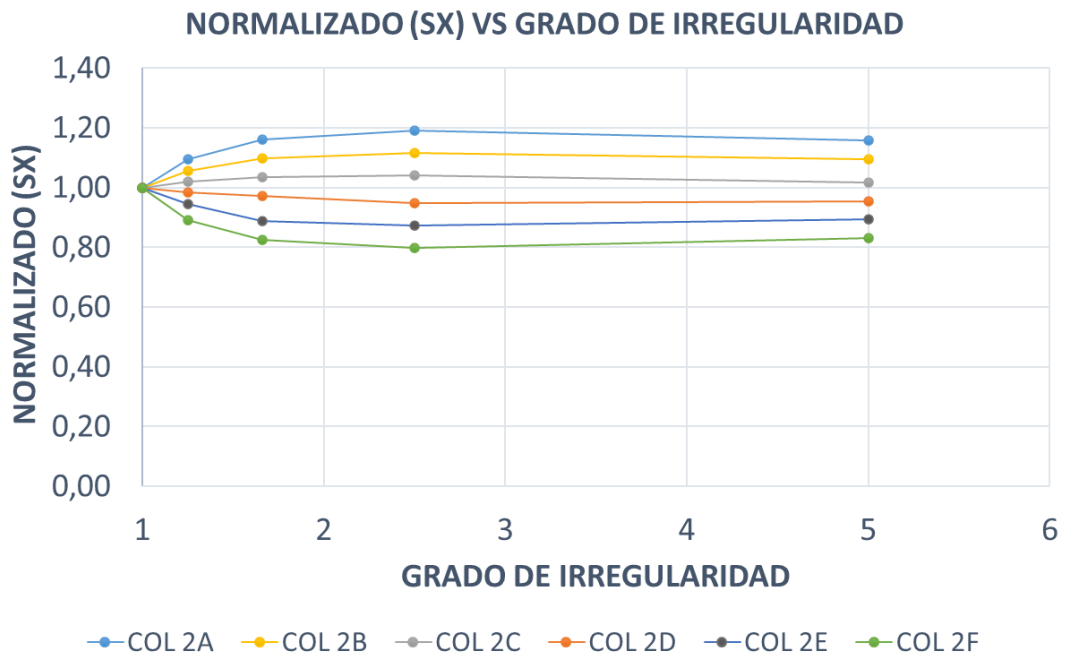
**Ilustración 34. Cortante piso 1 (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 35. Cortante columna (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 36. Cortante columna/piso (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 37. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

### 1.1.1.1 OBSERVACIONES

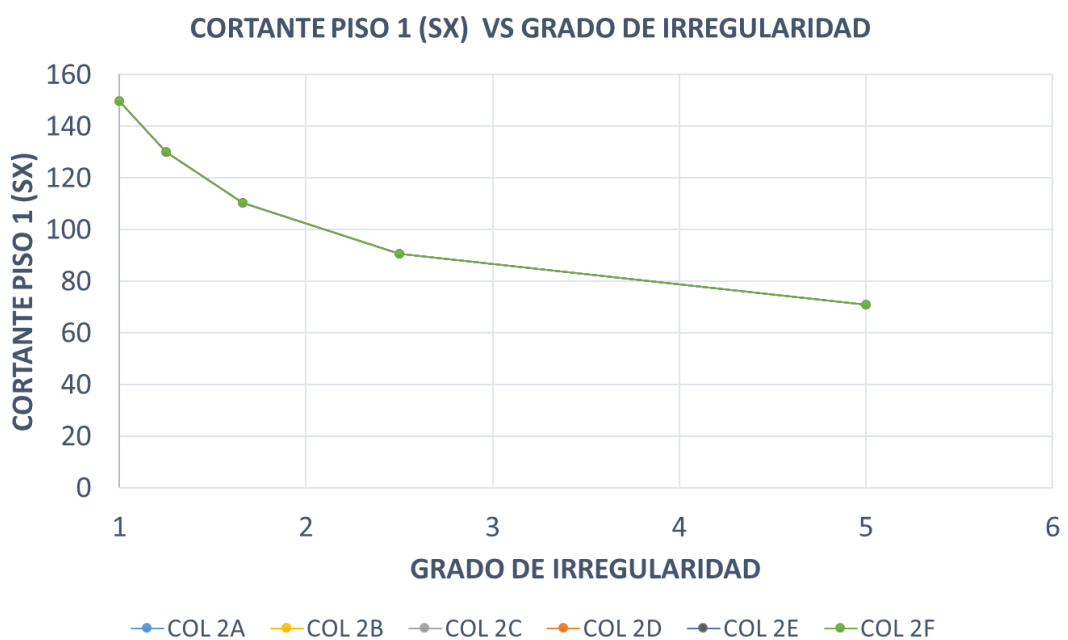
- En la Ilustración 34 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que



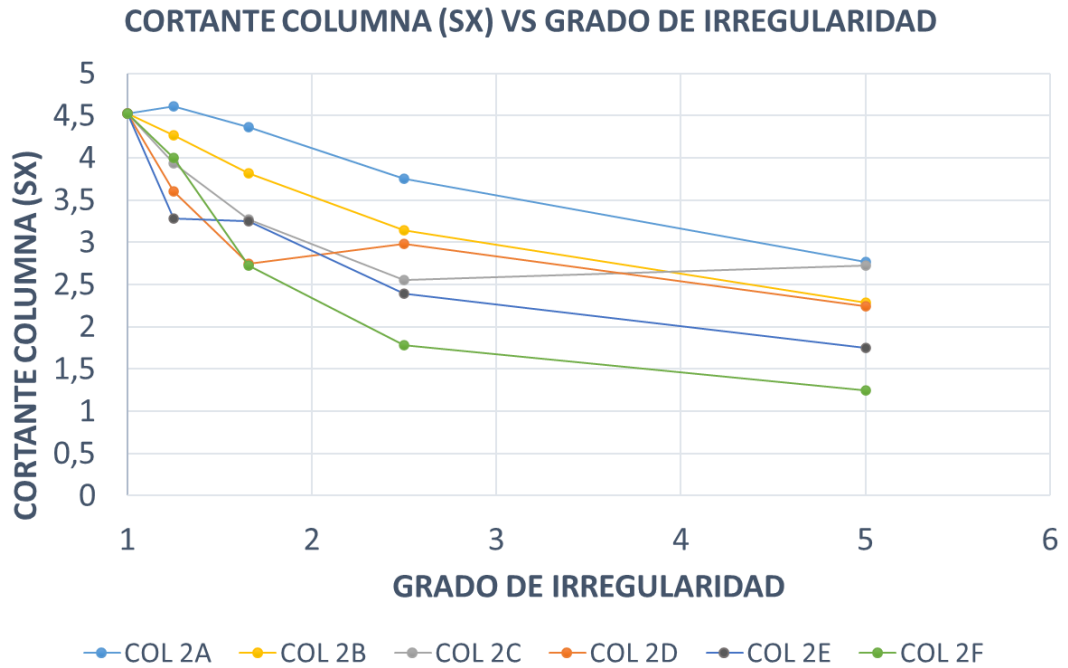
la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.

- En la Ilustración 35 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 36 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 37 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

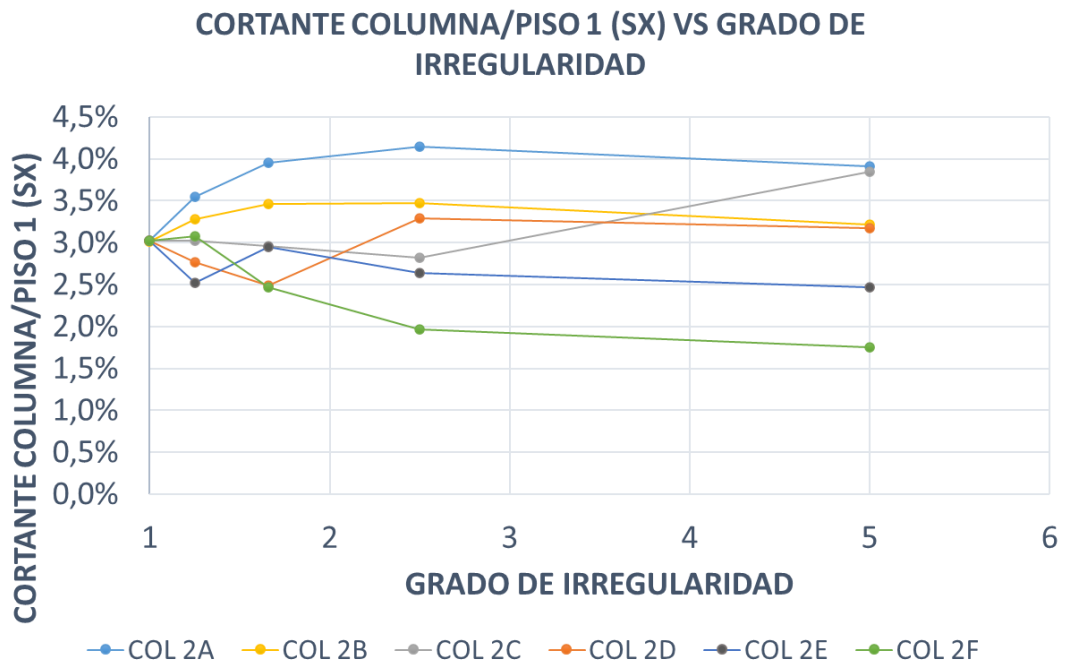
### 5.1.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B



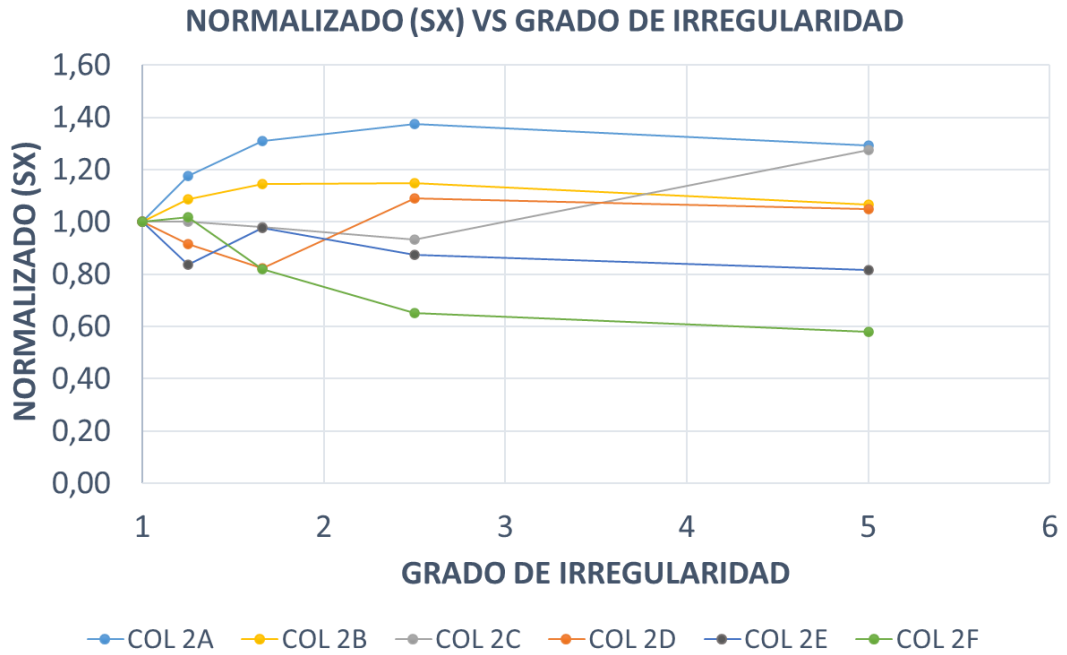
**Ilustración 38. Cortante piso 1 (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 39. Cortante columna (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 40. Cortante columna/piso (SX) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



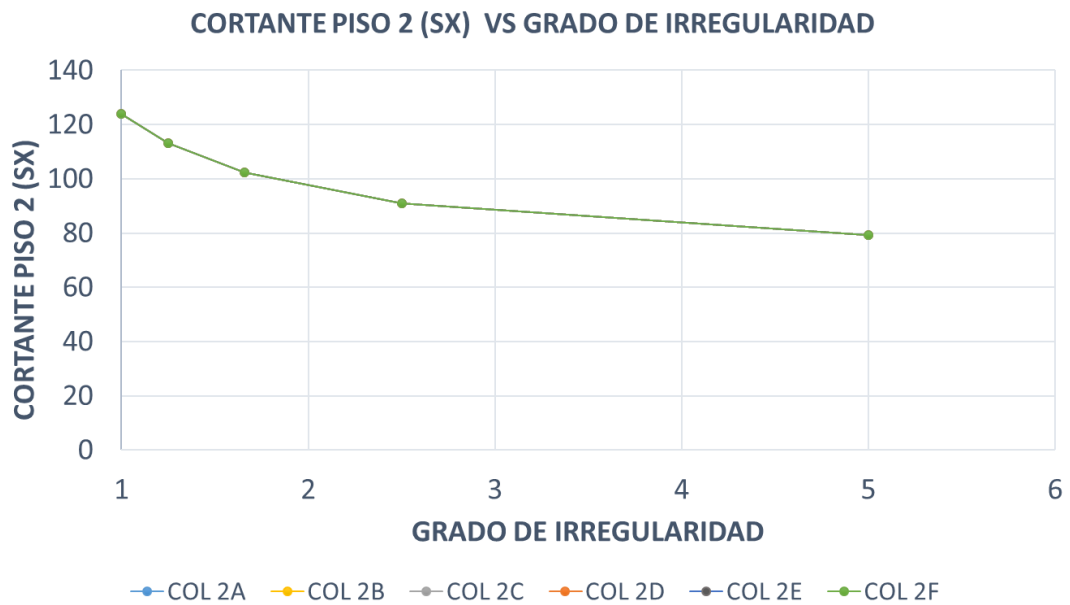
**Ilustración 41. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.1.2.1 OBSERVACIONES

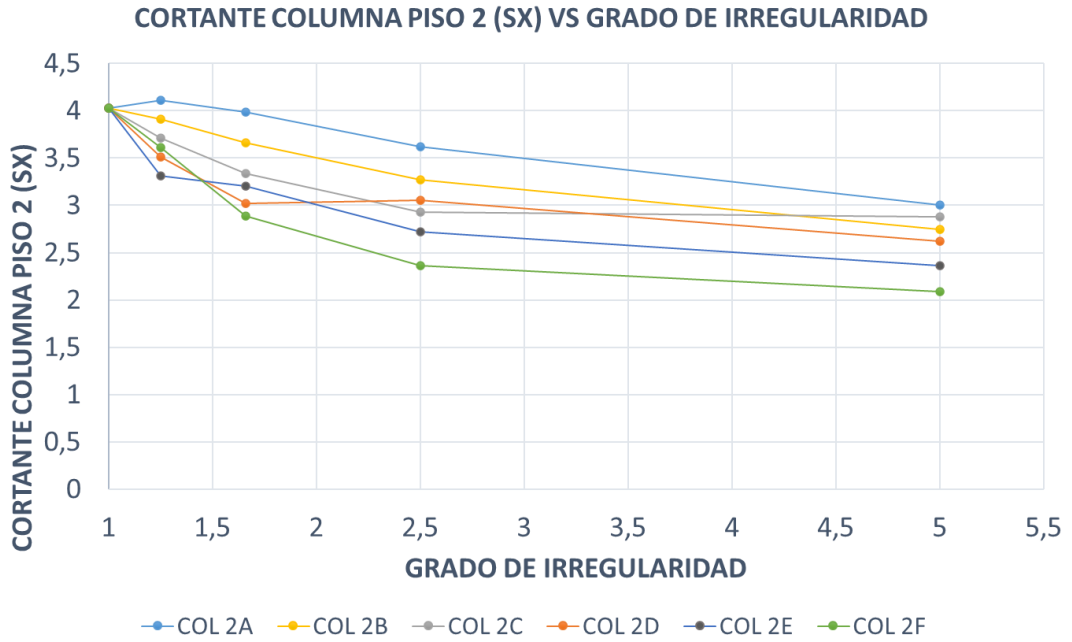
- En la Ilustración 38 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 39 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 40 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 41 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas

debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

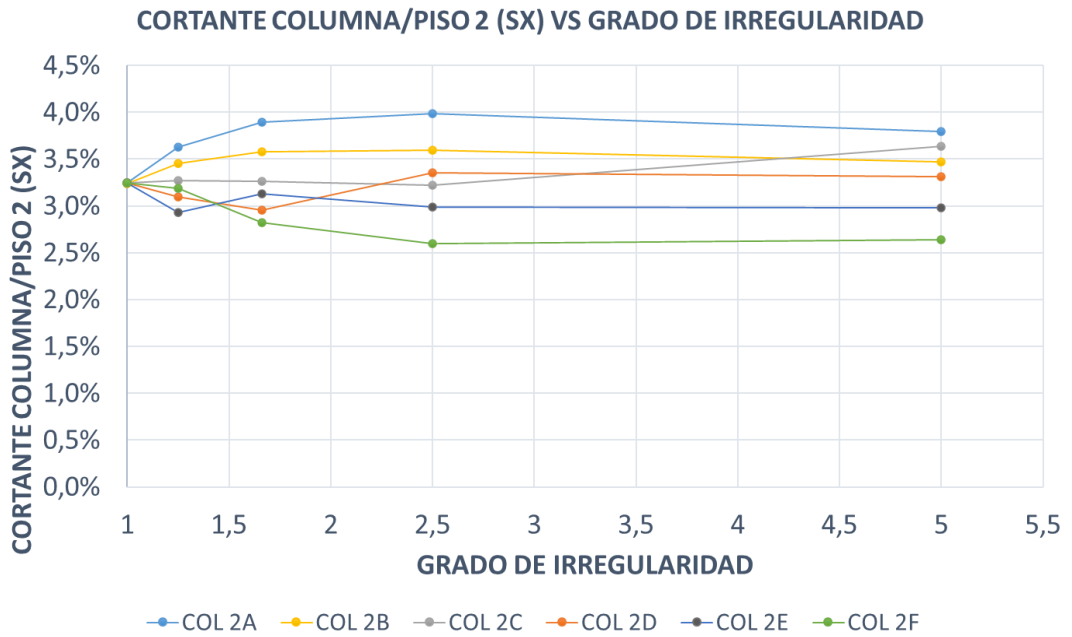
### 5.1.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A



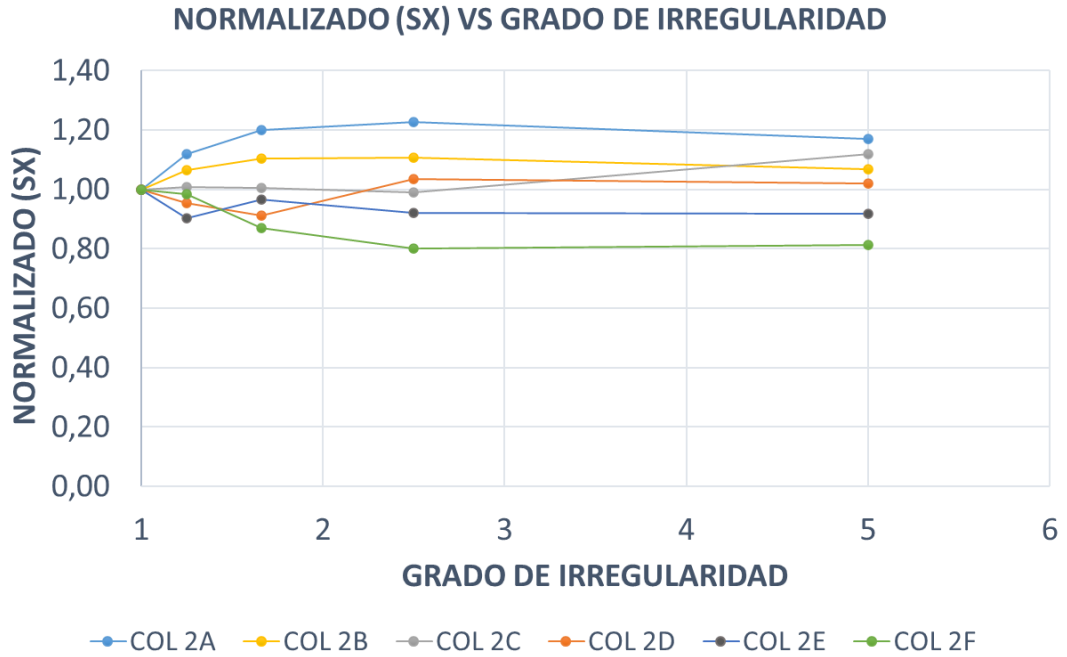
**Ilustración 42 Cortante piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 43. Cortante columna piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 44. Cortante columna/piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



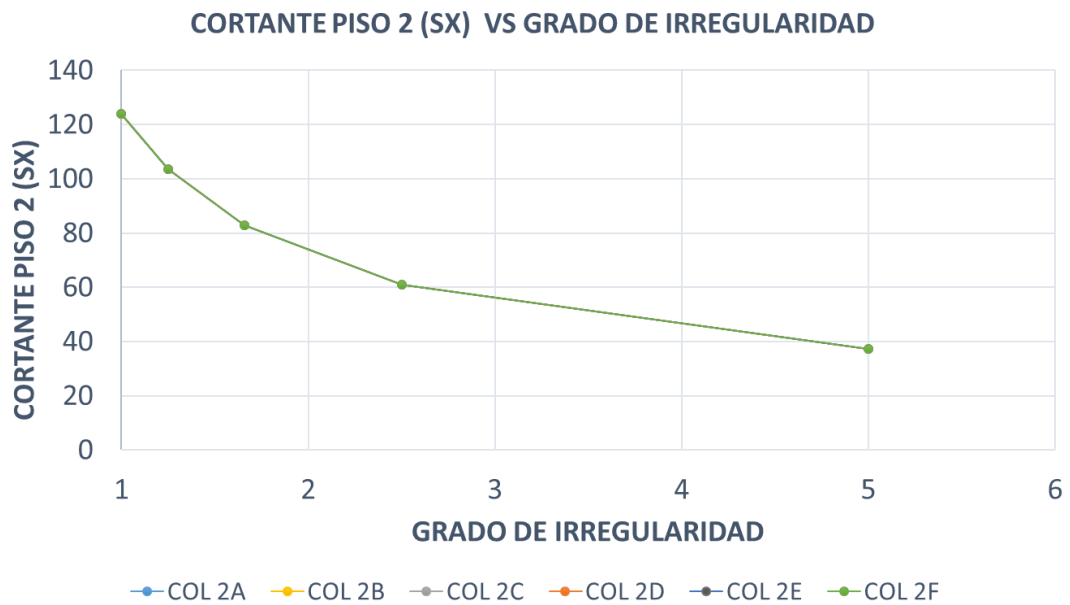
**Ilustración 45. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### 5.1.3.1 OBSERVACIONES

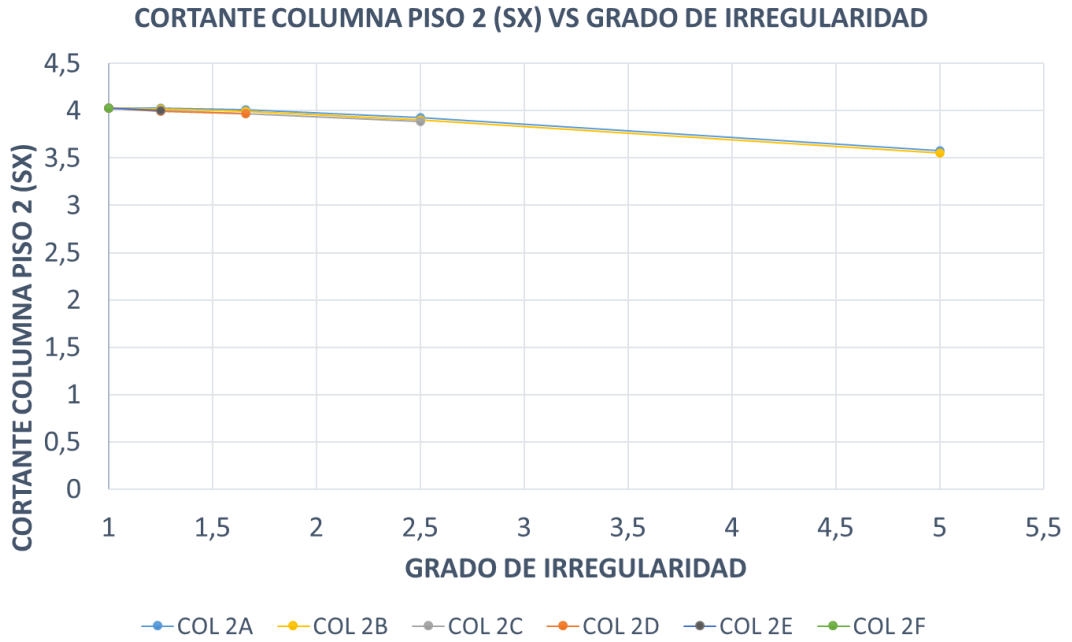
- En la Ilustración 42 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 43 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 44 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 45 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas

debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

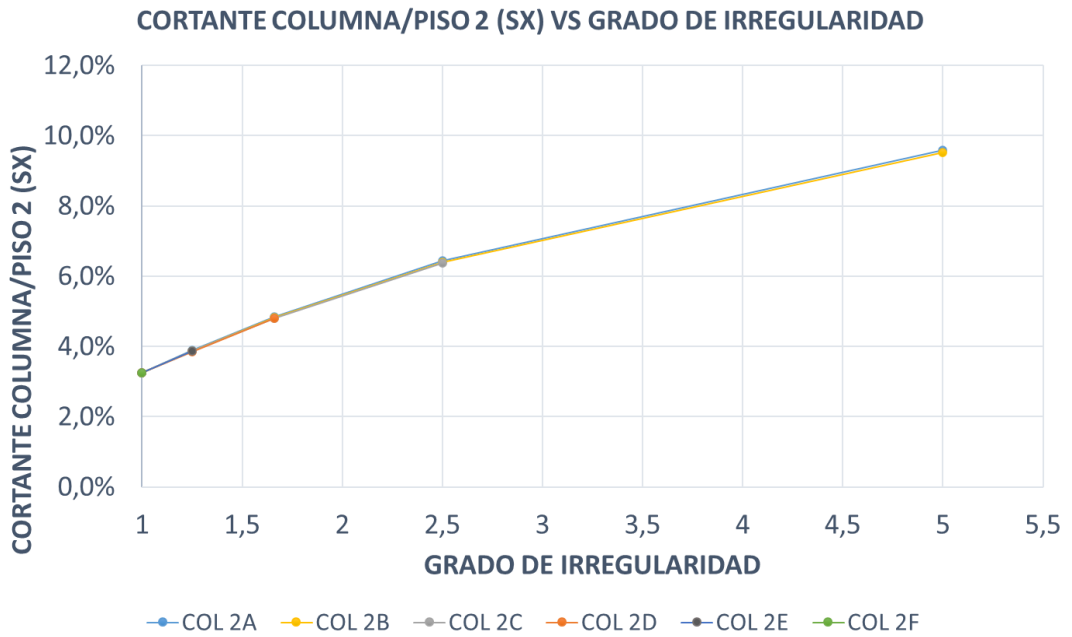
#### 5.1.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



**Ilustración 46. Cortante piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

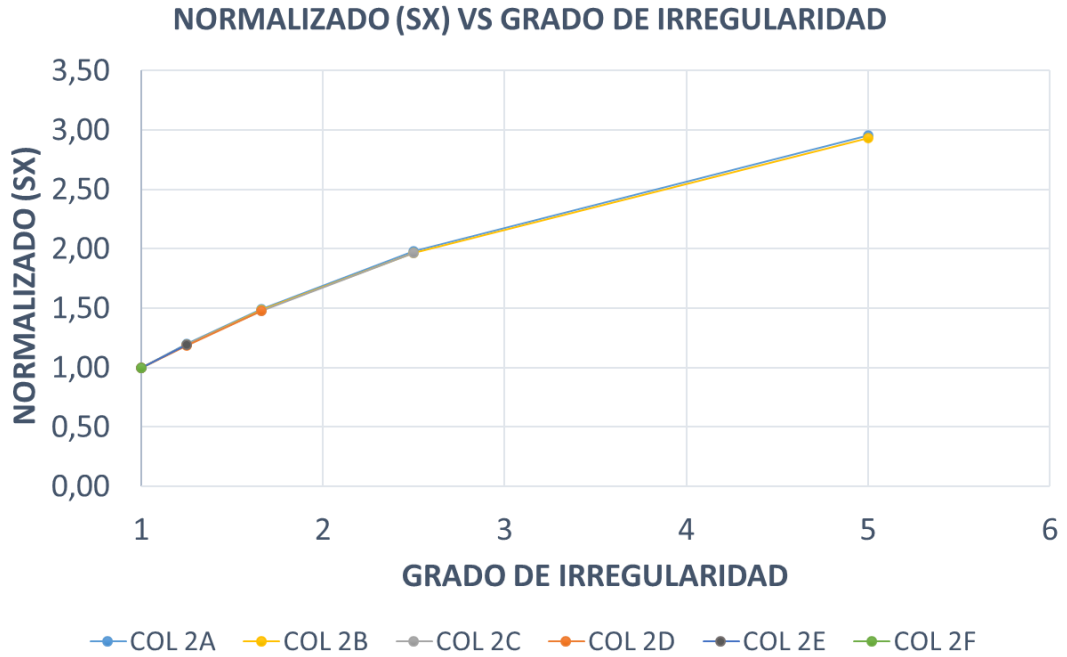


**Ilustración 47. Cortante columna piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 48. Cortante columna/piso 2 (SX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**





**Ilustración 49. Normalizado (SX) vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

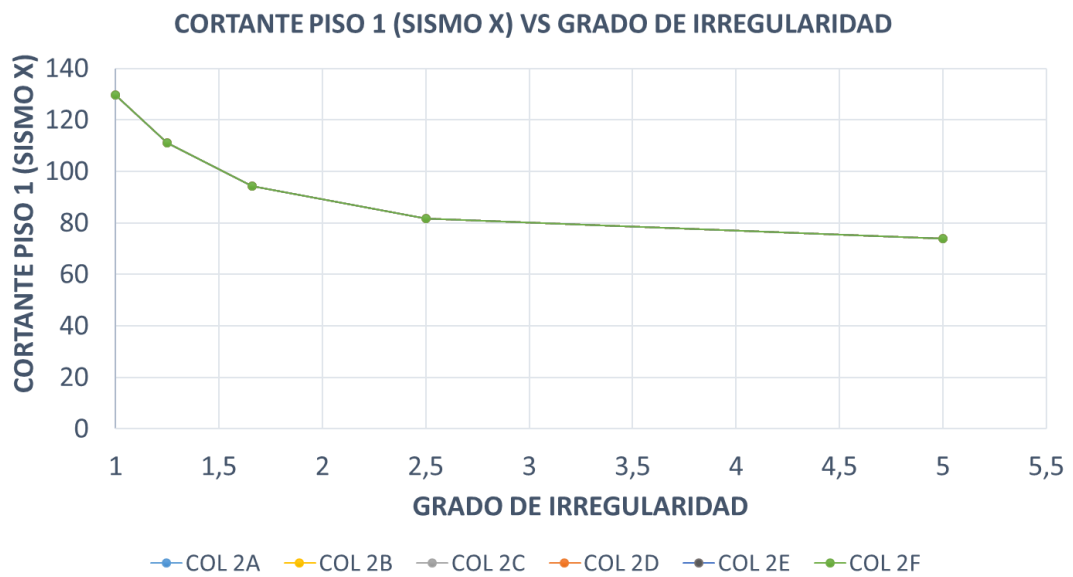
#### 5.1.4.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 46 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 47 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 48 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 49 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas

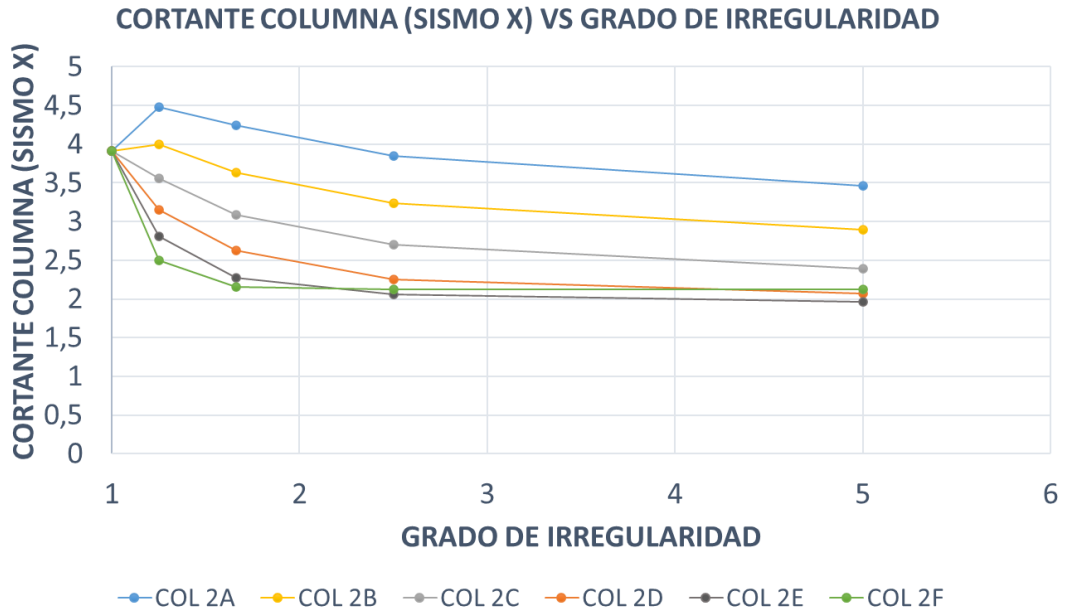
debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

## 5.2 MÉTODO MODAL ESPECTRAL

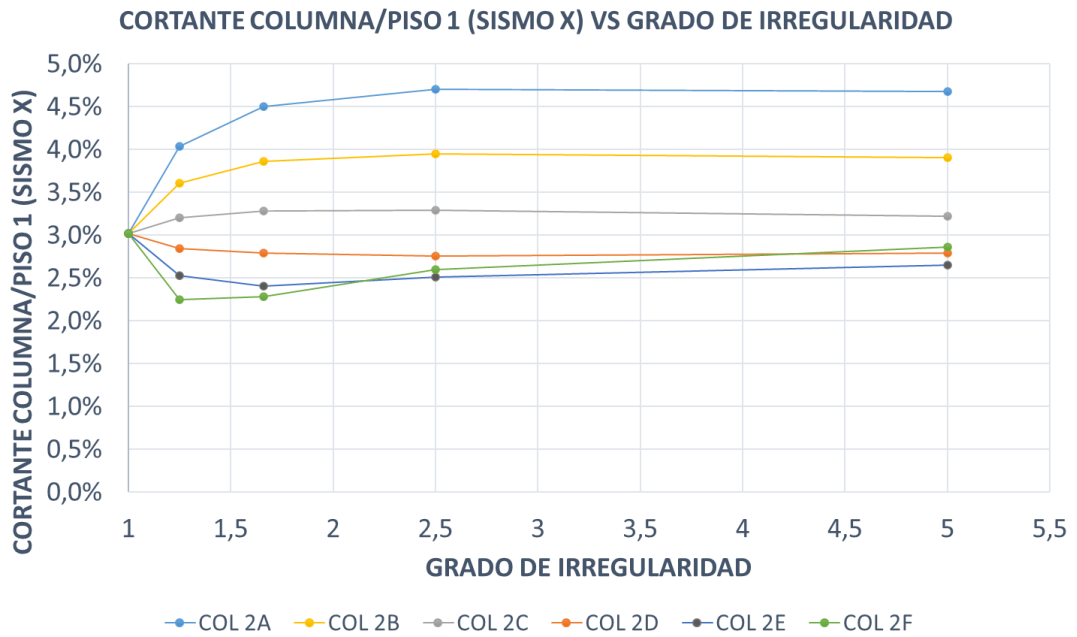
### 5.2.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A



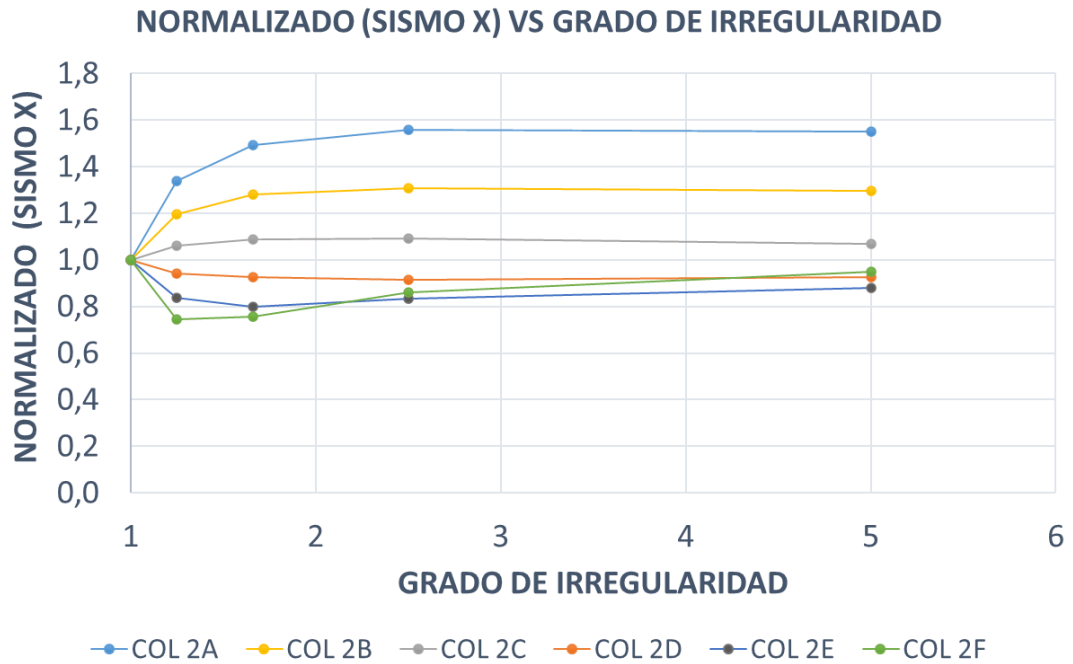
**Ilustración 50. Cortante piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 51. Cortante columna (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 52. Cortante columna/piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



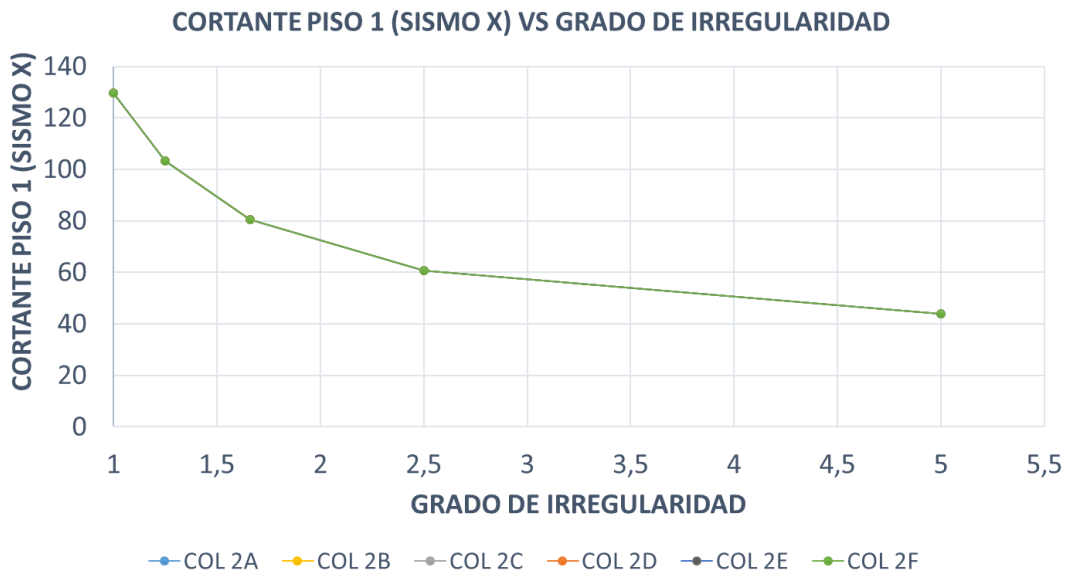
**Ilustración 53. Normalizado (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.2.1.1 OBSERVACIONES

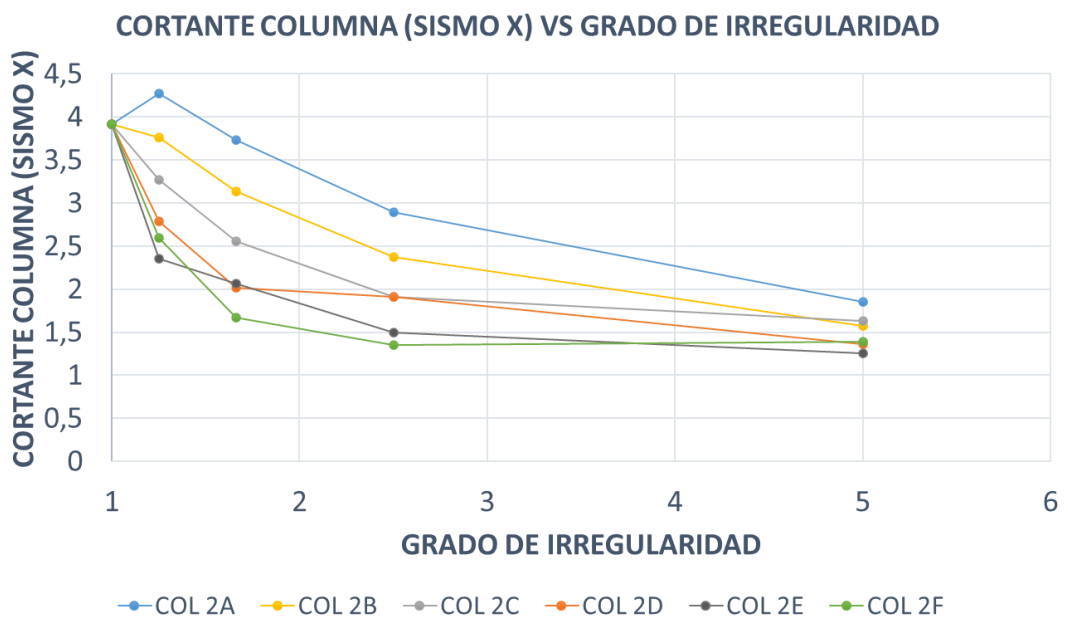
- En la Ilustración 50 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 51 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 52 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 53 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas

debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

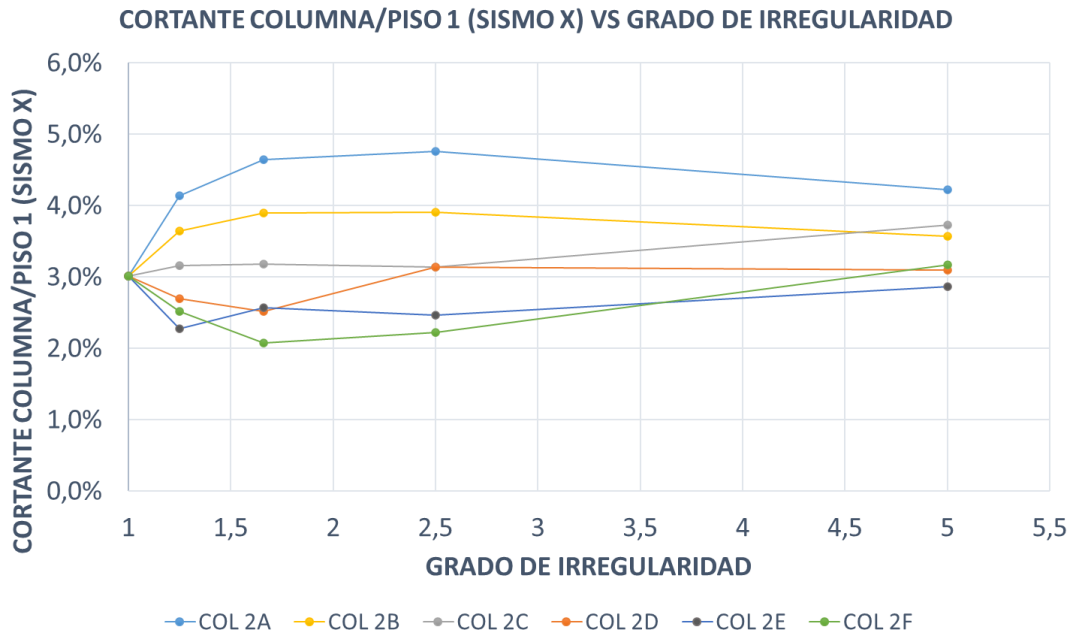
### 5.2.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B



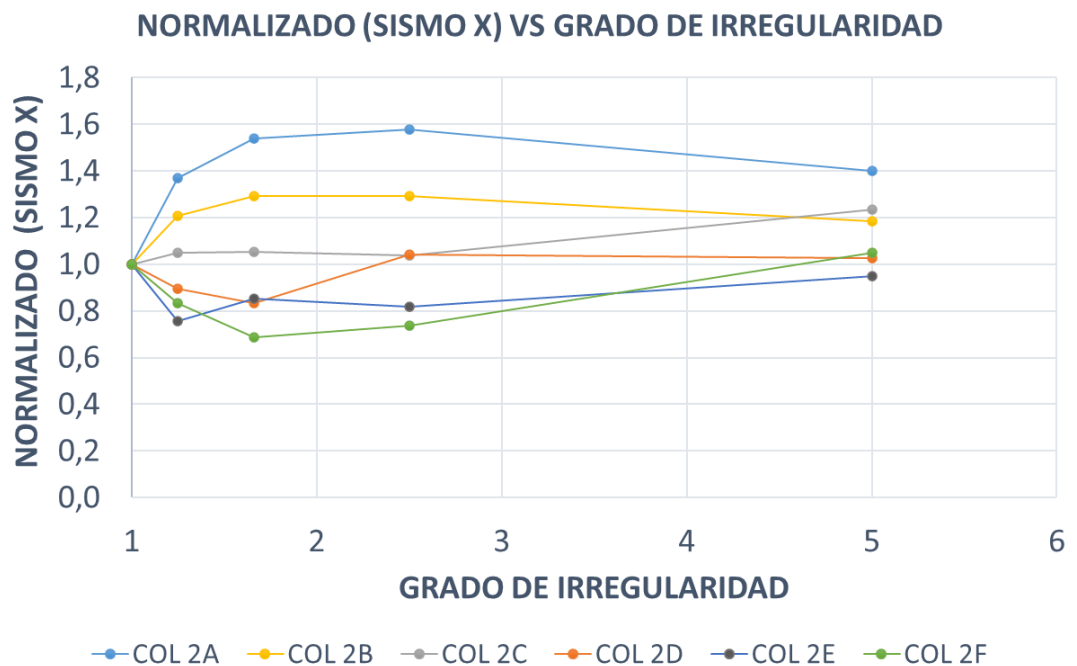
**Ilustración 54. Cortante piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 55. Cortante columna (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 56. Cortante columna/piso 1 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

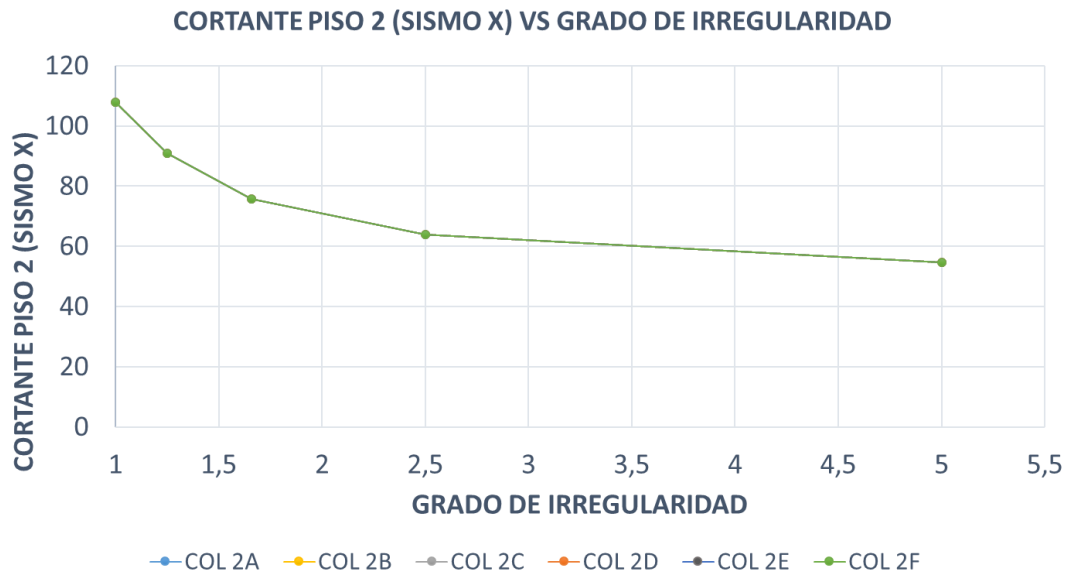


**Ilustración 57. Normalizado (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

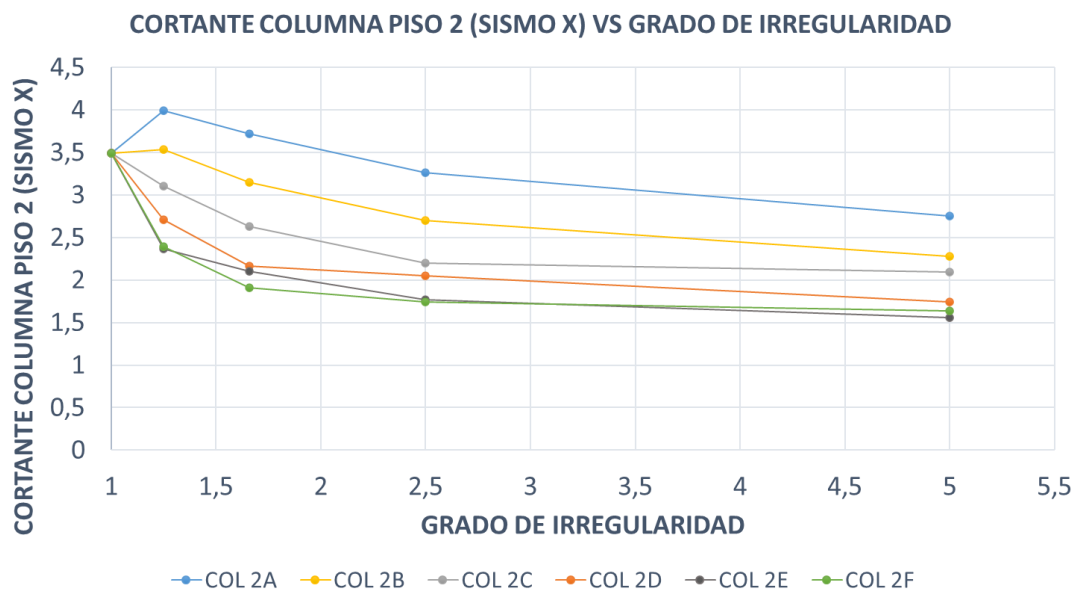
### 5.2.2.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 54 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 55 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 56 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 57 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

### 5.2.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

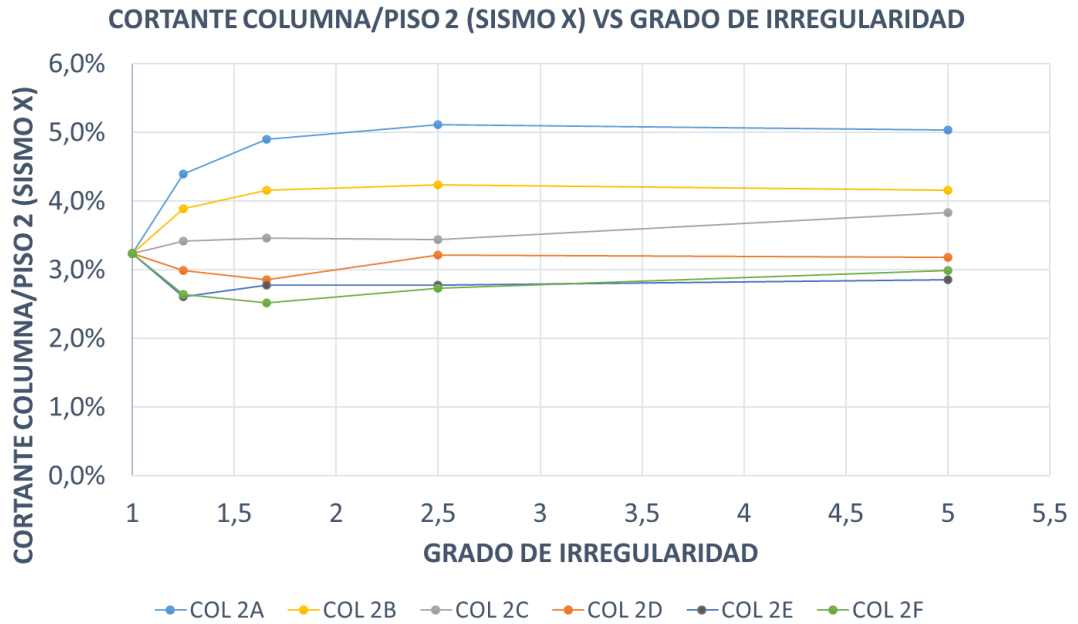


**Ilustración 58. Cortante piso 2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

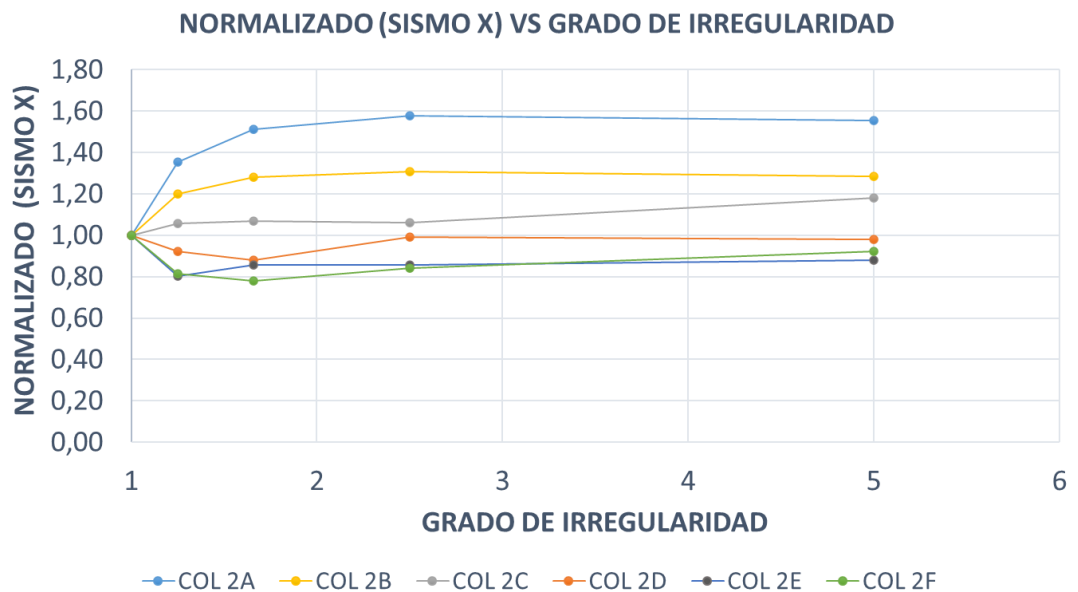


**Ilustración 59. Cortante columna Piso 2 (SISMOX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**





**Ilustración 60. Cortante columna/piso2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

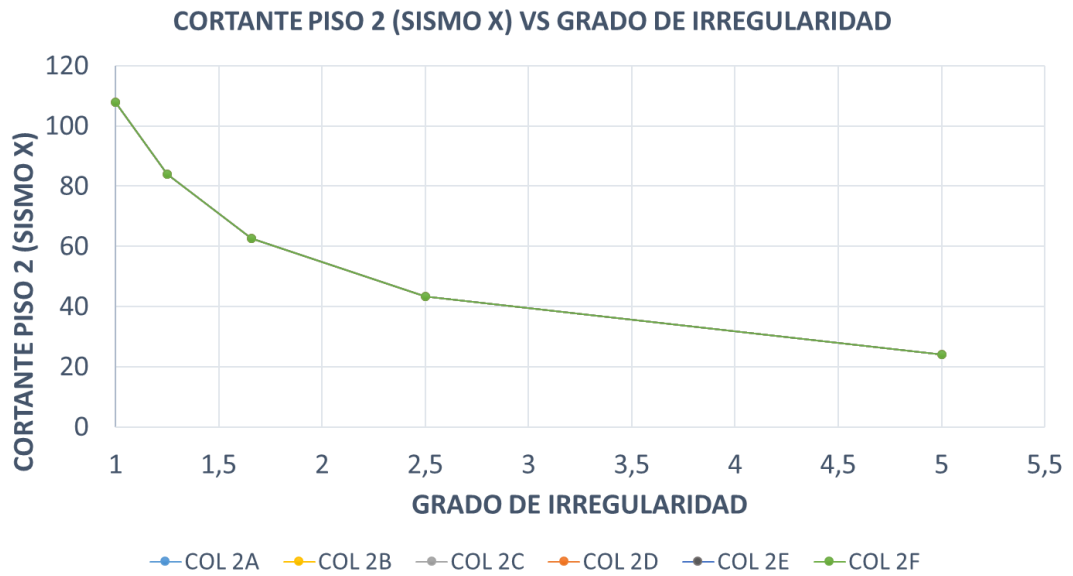


**Ilustración 61. Normalizado (SISMOX) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

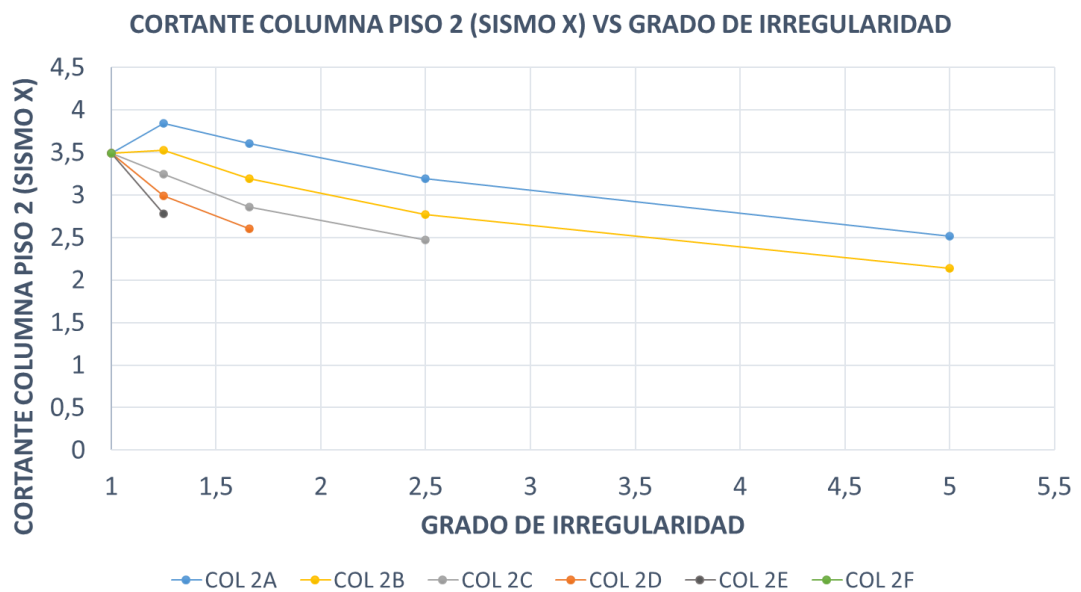
### 5.2.3.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 58 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 59 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 60 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 61 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

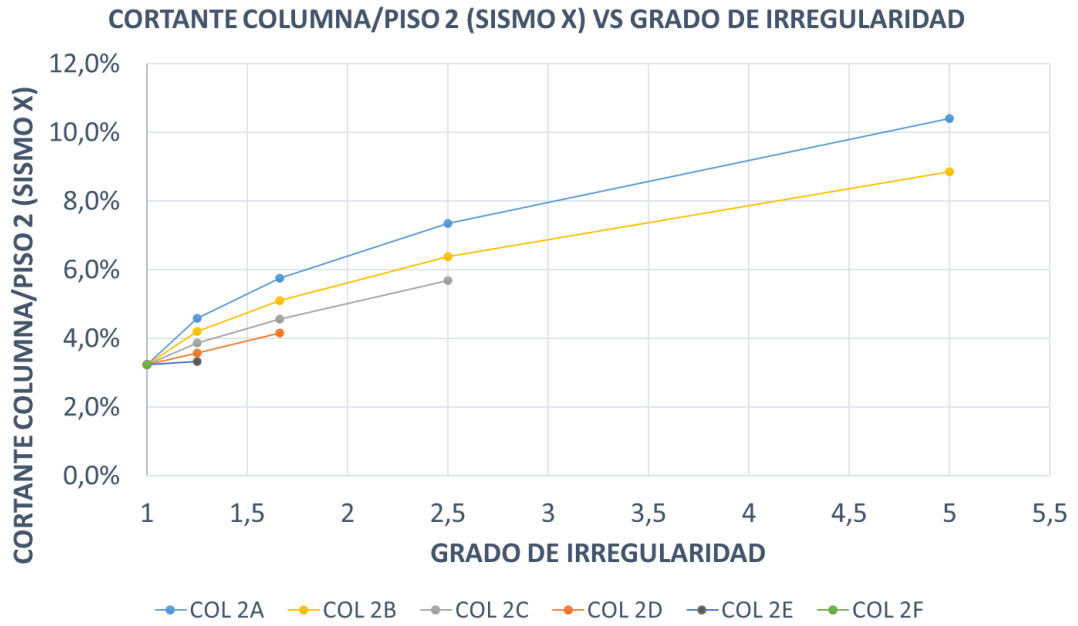
## 5.2.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



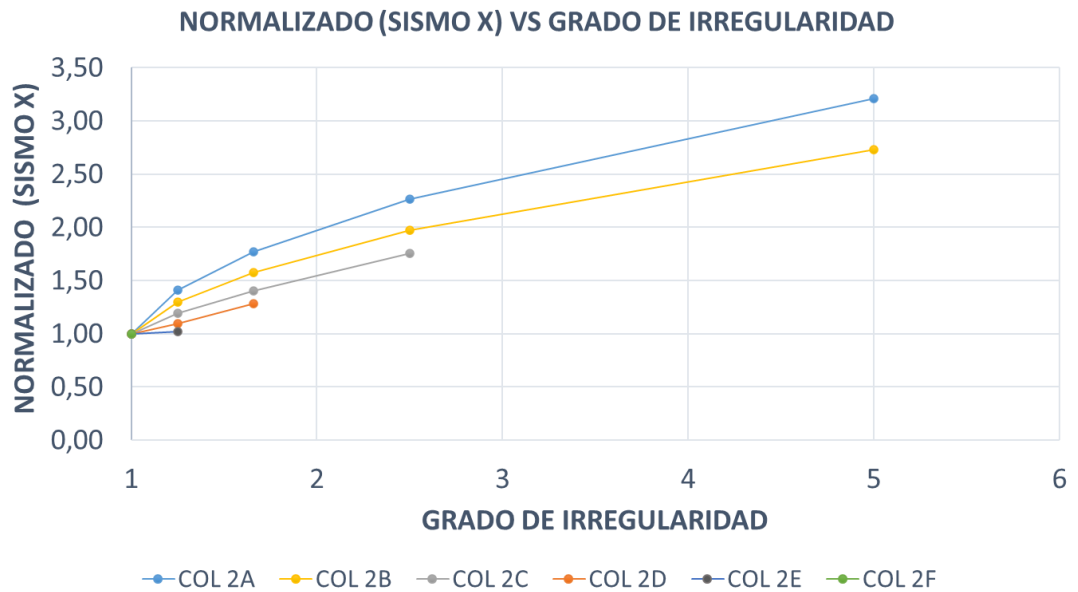
**Ilustración 62. Cortante piso 2 (SISMO X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 63. Cortante columna Piso 2(Sismo X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 64. Cortante columna/piso2 (Sismo X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



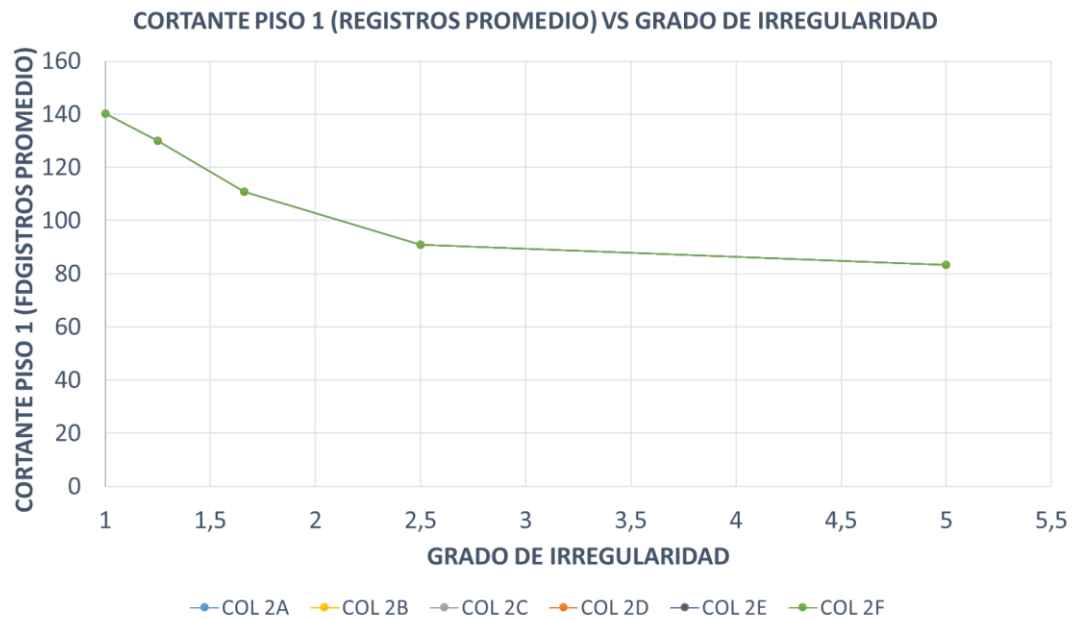
**Ilustración 65. Normalizado (Sismo X) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.2.4.1 OBSERVACIONES

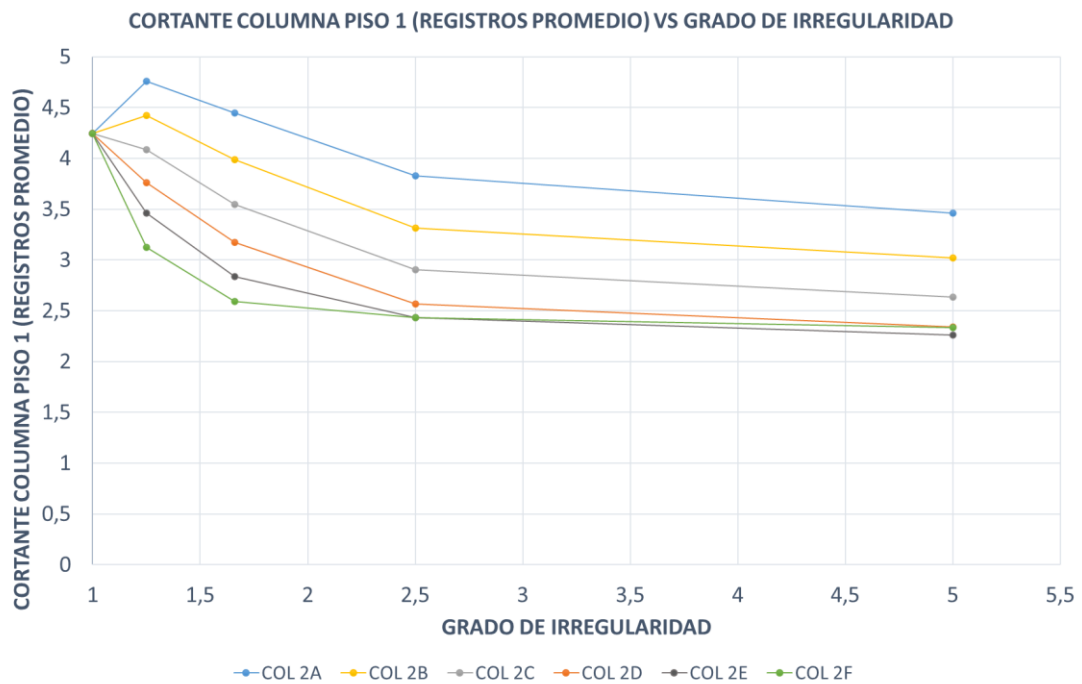
- En la Ilustración 62 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 63 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 64 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 65 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

### 5.3 MÉTODO PASO A PASO EN EL TIEMPO

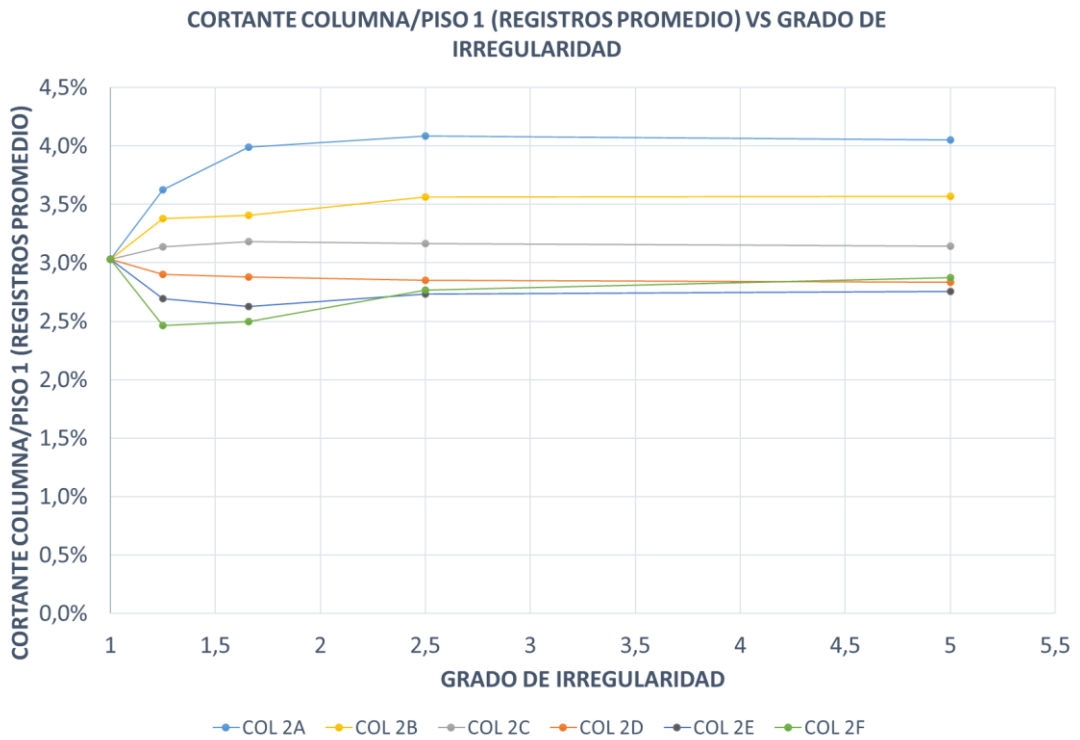
#### 5.3.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A



**Ilustración 66. Cortante piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

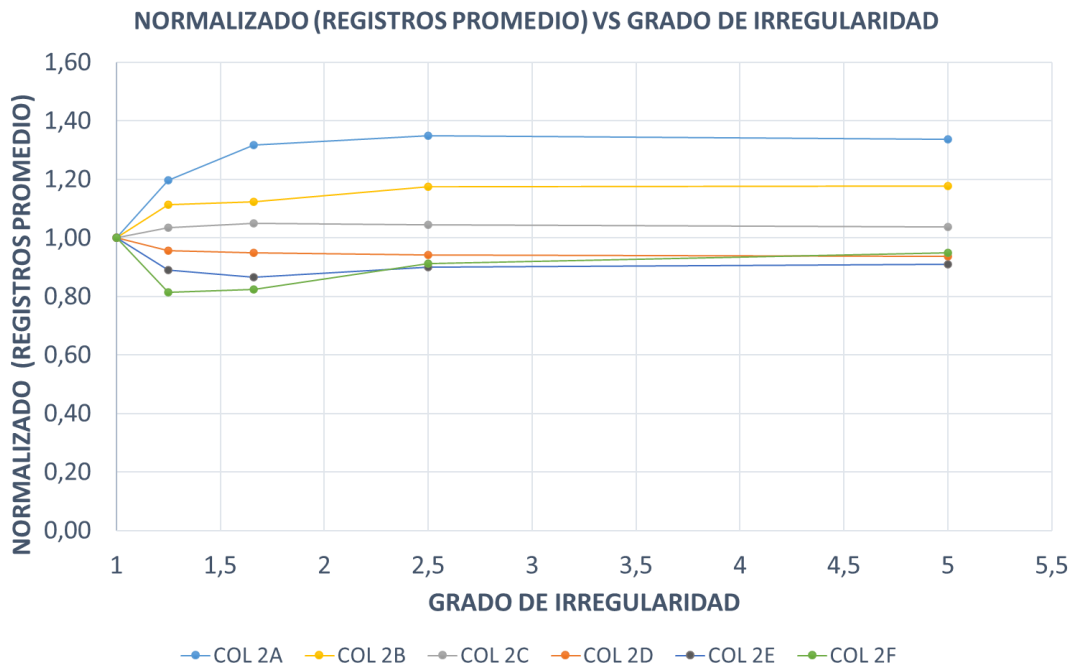


**Ilustración 67. Cortante columna piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 68. Cortante columna/piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**

**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 69. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.**

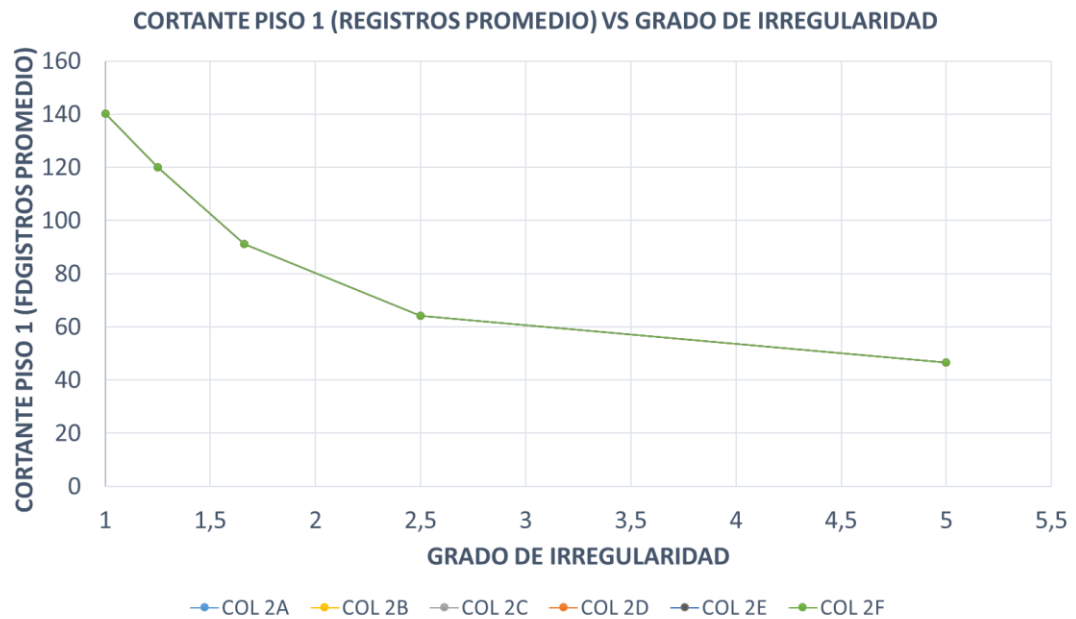
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### 5.3.1.1 OBSERVACIONES

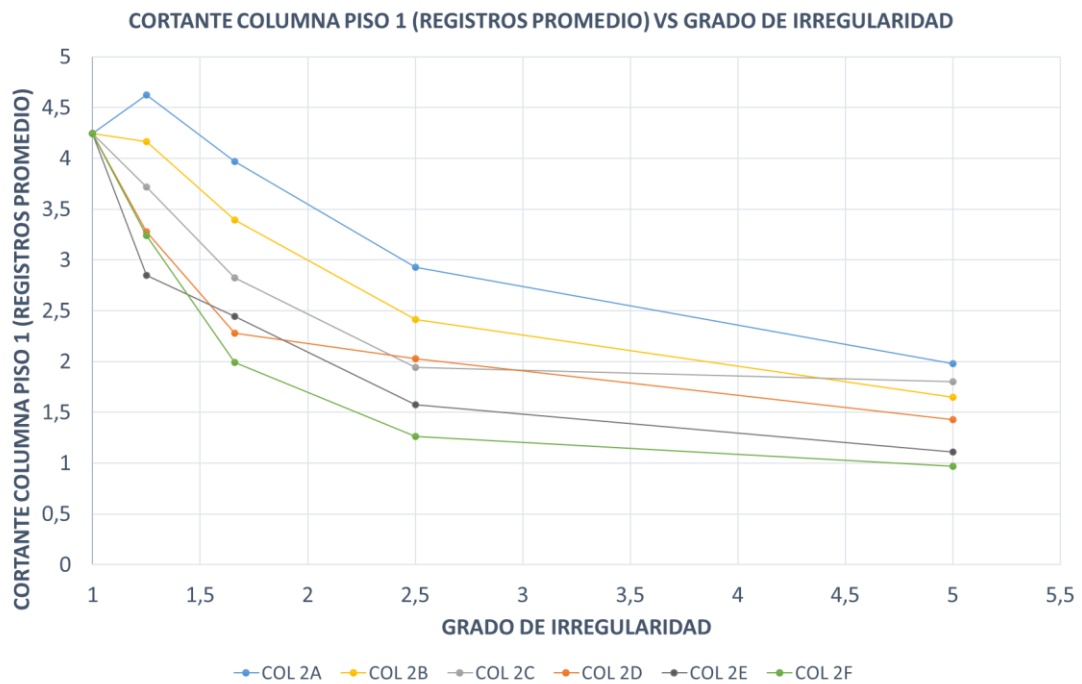
- En la Ilustración 66 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 67 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 68 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 69 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.



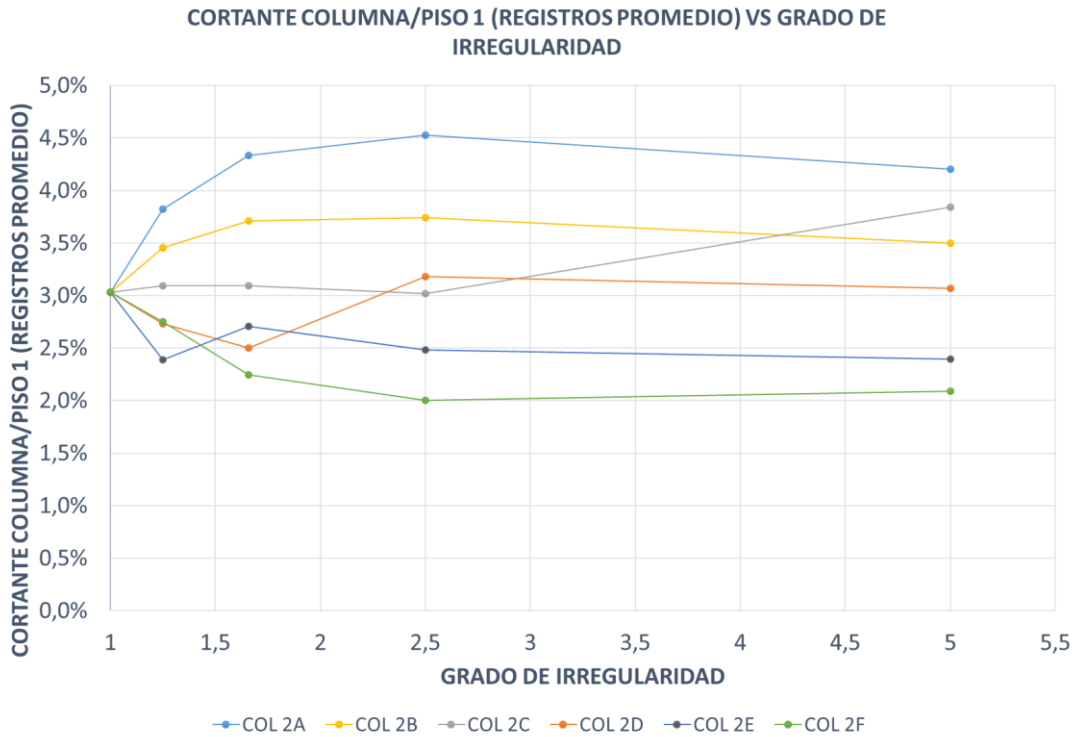
### 5.3.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B



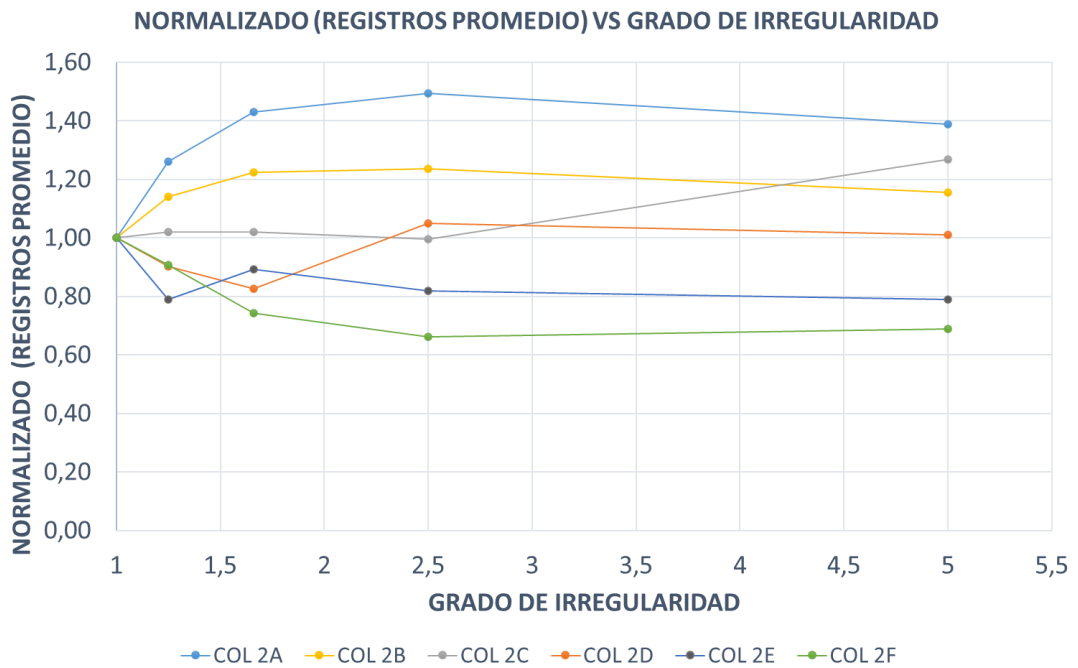
**Ilustración 70. Cortante piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 71. Cortante columna piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 72. Cortante columna/piso 1 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

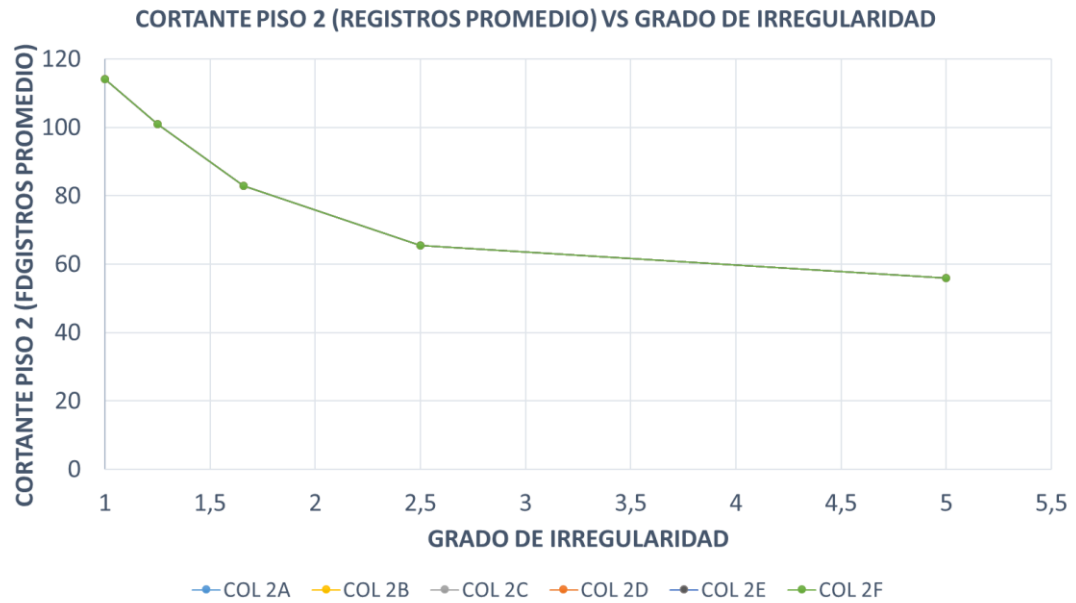


**Ilustración 73. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

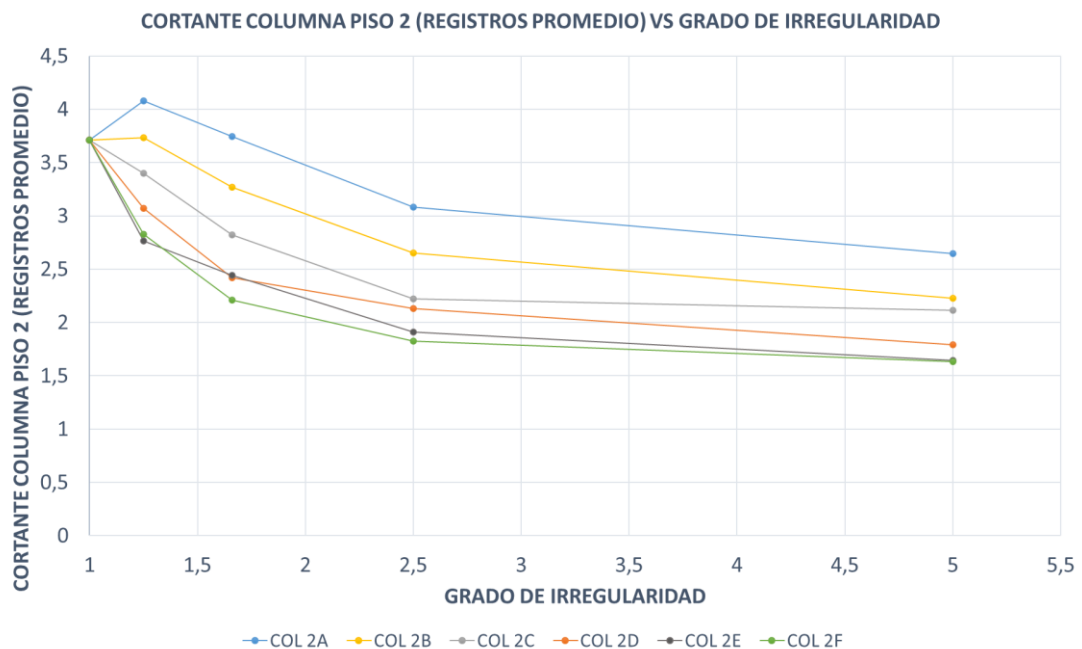
### 5.3.2.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 70 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del primer piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 71 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 72 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 73 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

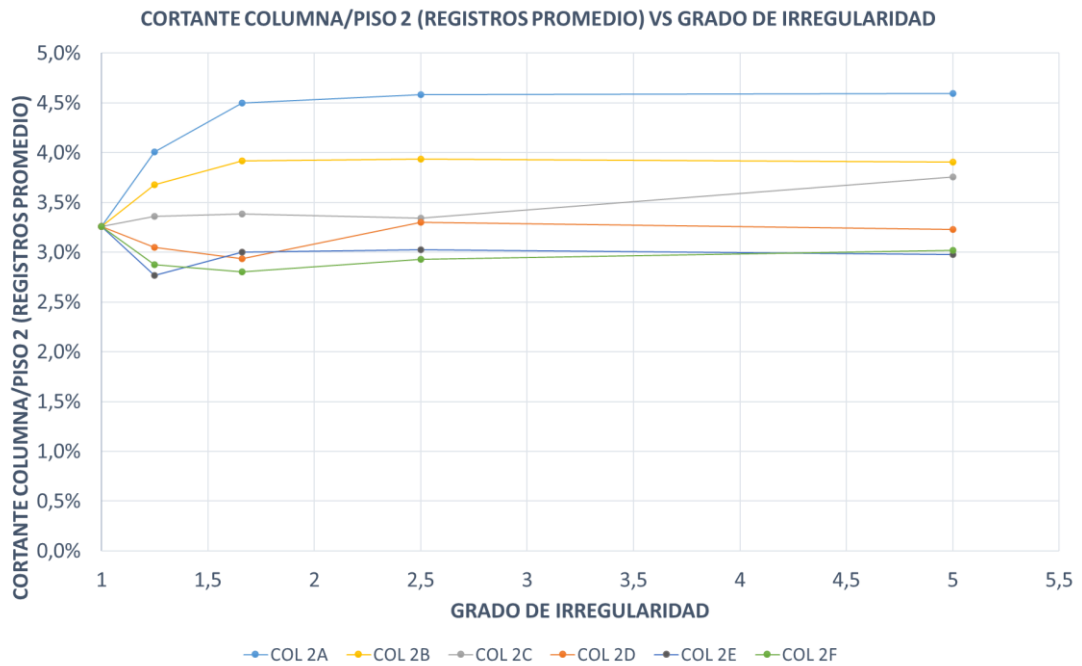
### 5.3.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A



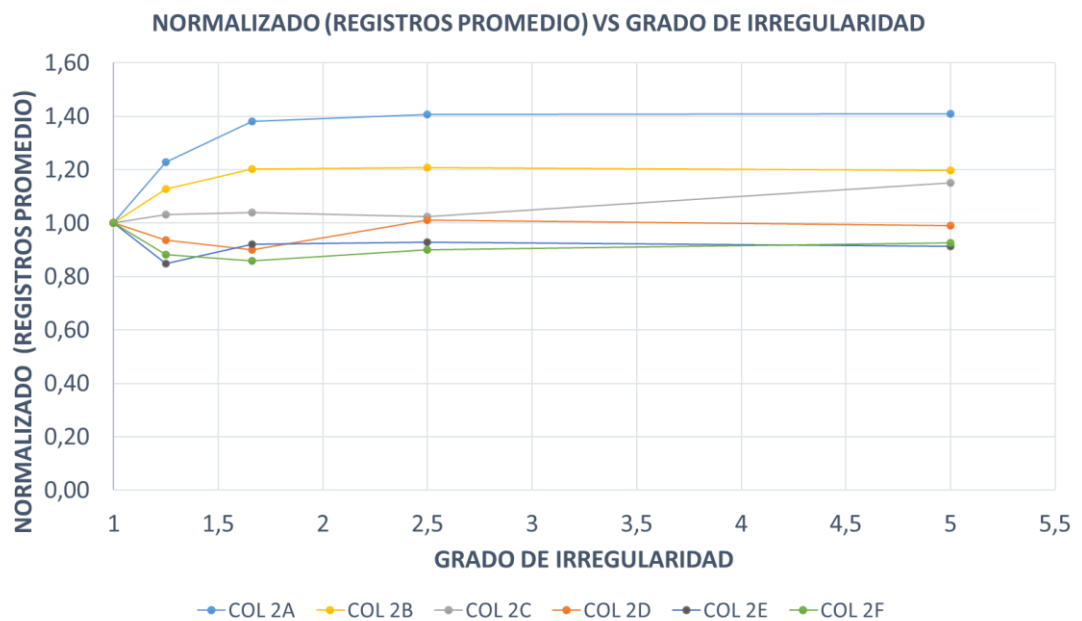
**Ilustración 74. Cortante piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 75. Cortante columna piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 76. Cortante columna/piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

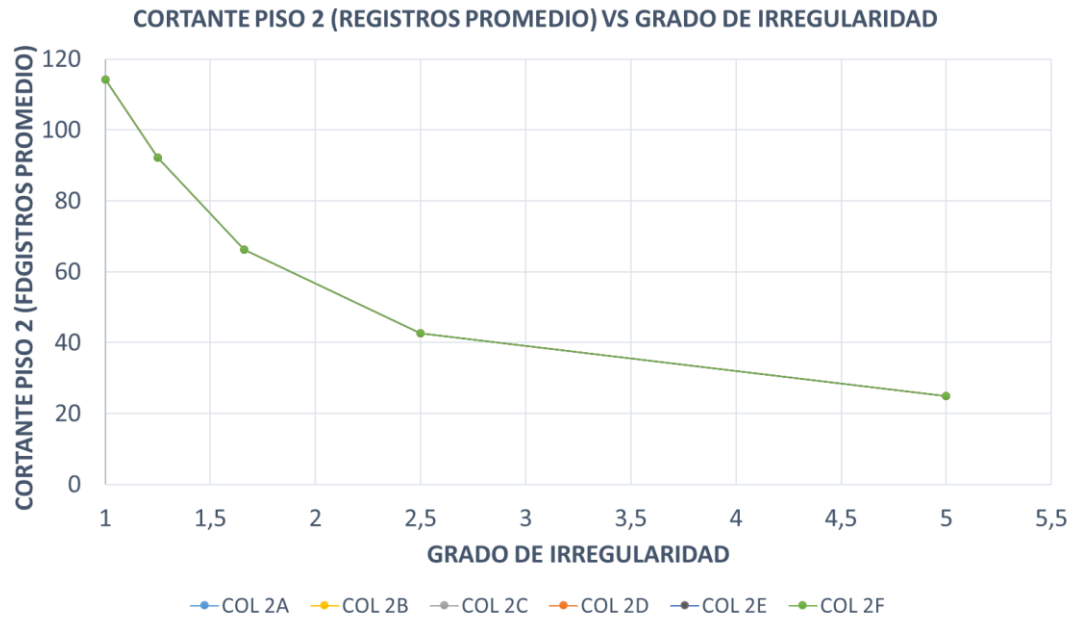


**Ilustración 77. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

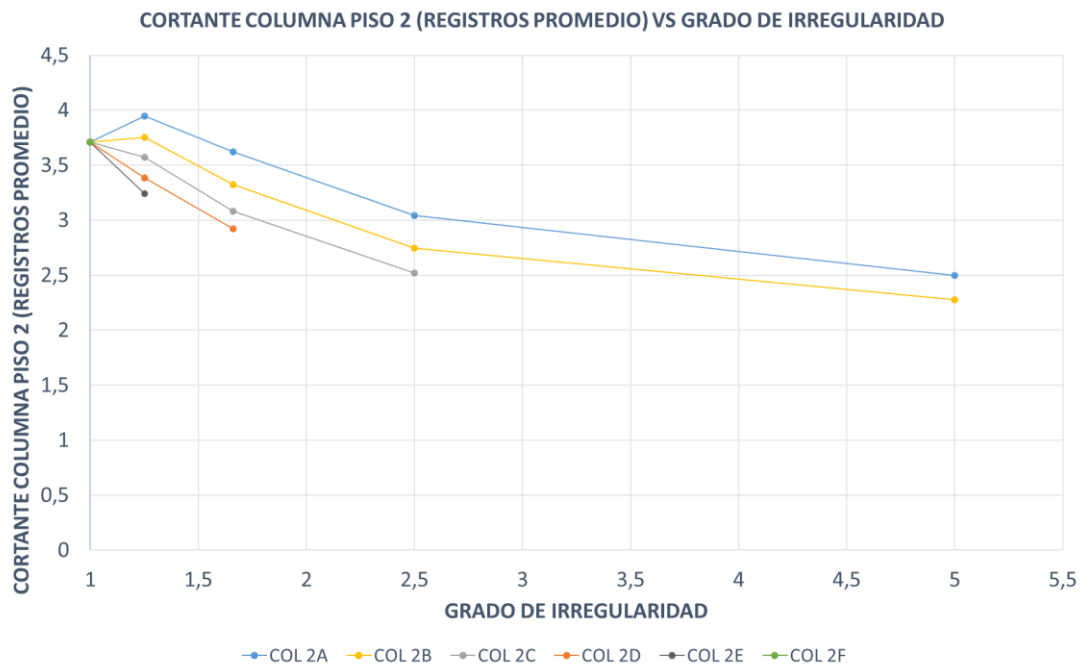
### 5.3.3.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 74 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 75 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 76 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 77 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

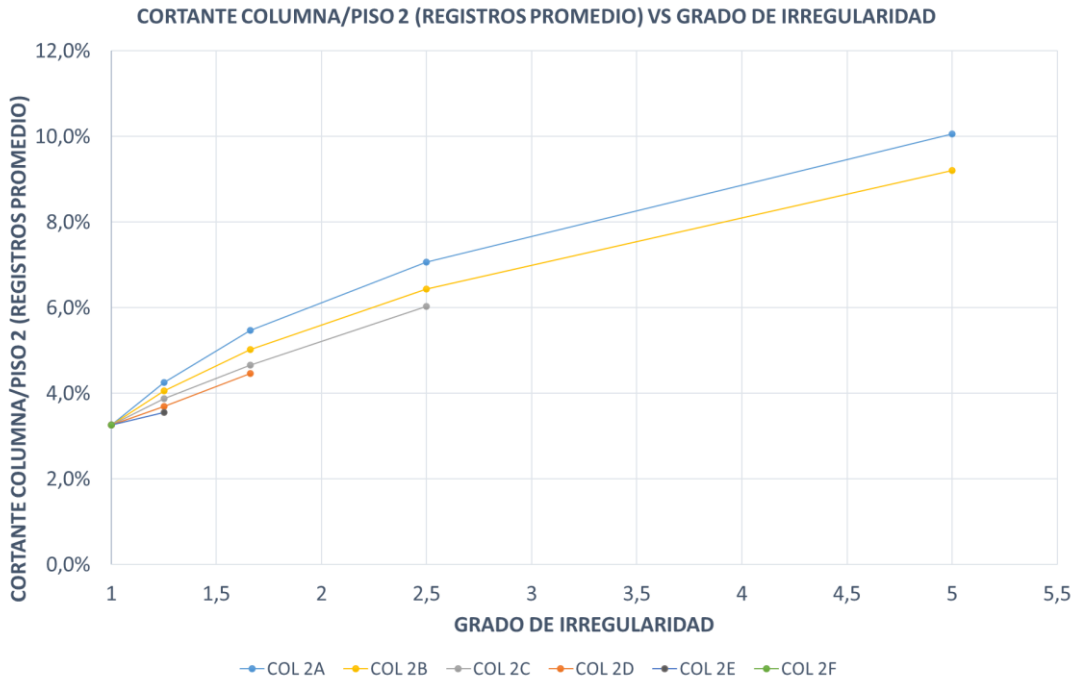
### 5.3.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



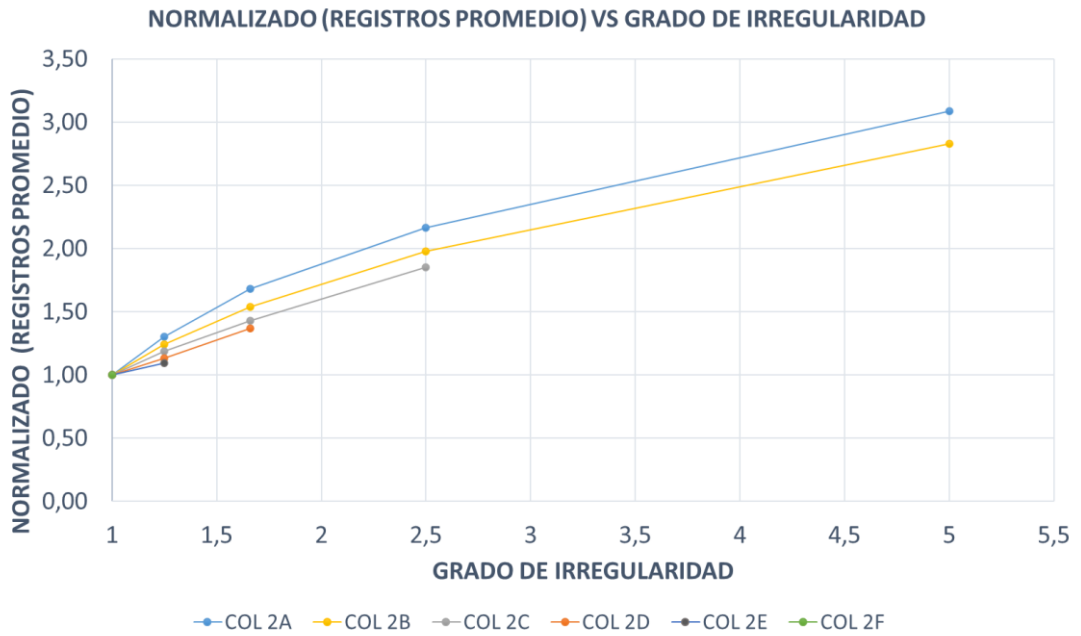
**Ilustración 78. Cortante piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 79. Cortante columna piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 80. Cortante columna/piso 2 (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



**Ilustración 81. Normalizado (registro promedio) vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

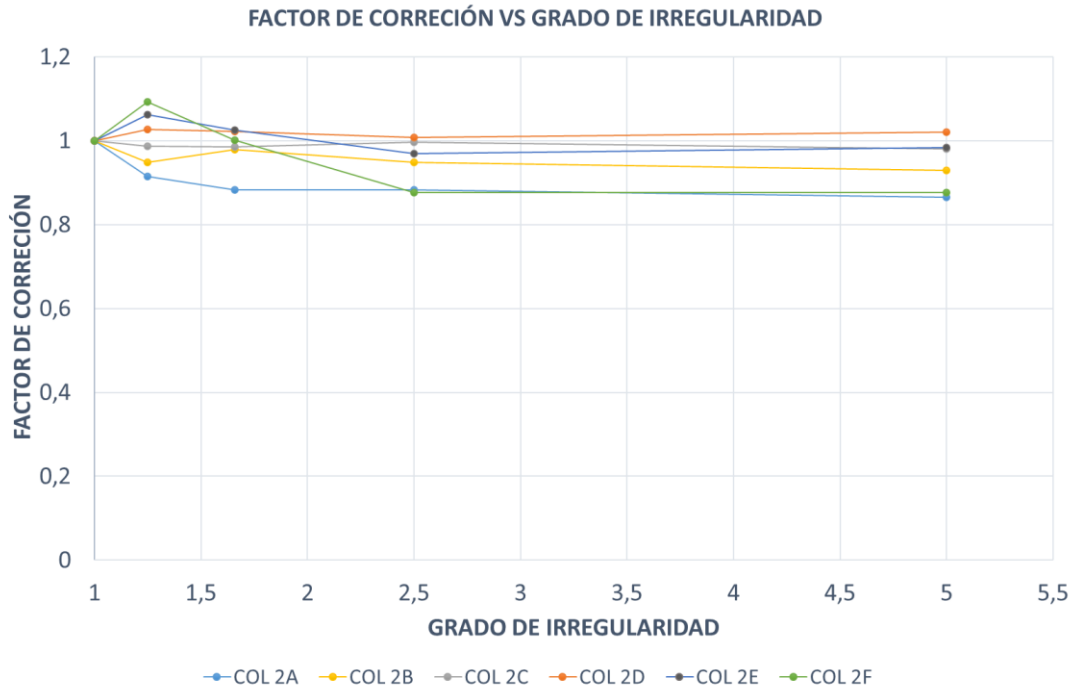


#### 5.3.4.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 78 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante del segundo piso vs el grado de irregularidad, en la cual se puede observar que la fuerza cortante es dependiente del grado de irregularidad. A medida que aumenta el grado de irregularidad disminuye la fuerza cortante.
- En la Ilustración 79 se muestra la gráfica que corresponde a la fuerza cortante recibida en cada columna vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que reciben mayor fuerza de corte.
- En la Ilustración 80 se muestra la gráfica que corresponde a la relación en forma porcentual del cortante recibido en cada columna y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se puede observar de manera general que las columnas más alejadas del centro de masa son las que mayor porcentaje de fuerza reciben.
- En la Ilustración 81 se muestra la gráfica que corresponde al normalizado de resultados vs el grado de irregularidad. El normalizado de resultados corresponde a la relación del porcentaje de fuerza recibido en las columnas debido a un grado de irregularidad (Todos los prototipos con irregularidad geométrica en elevación propuestos) y el porcentaje de fuerza en las columnas cuando la estructura es completamente regular. Se puede observar de forma general que las columnas más alejadas del centro de masa reciben mayor porcentaje de fuerza cortante.

## 5.4 MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE VS PASO A PASO EN EL TIEMPO

### 5.4.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

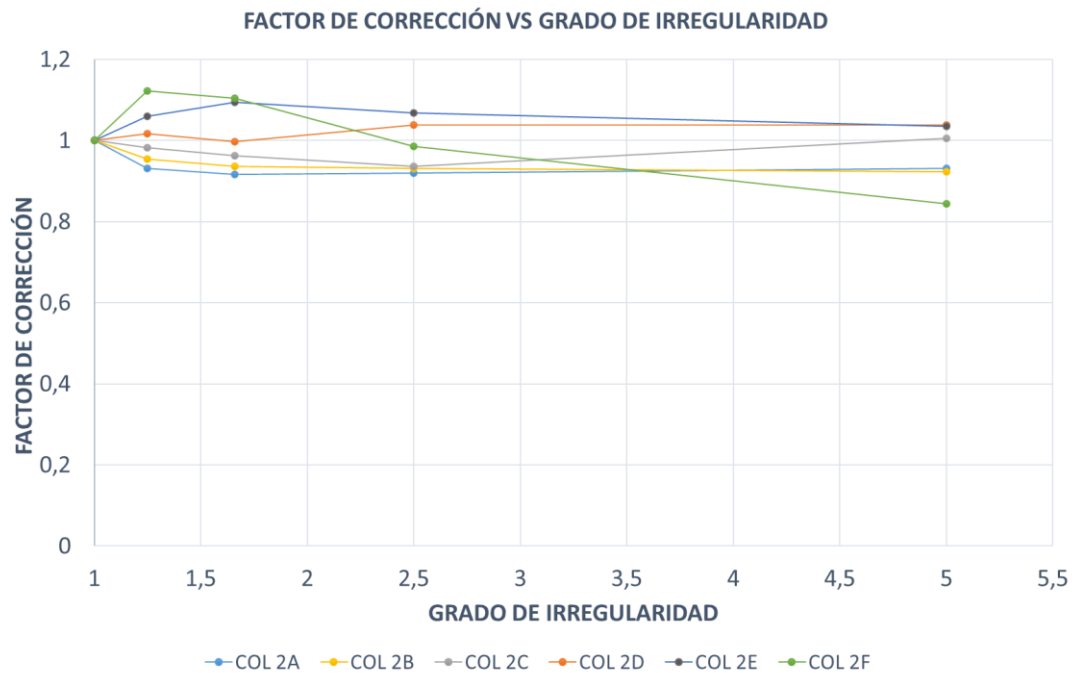


**Ilustración 82. Factor de corrección vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

#### 5.4.1.1 OBSERVACIONES

- En la ilustración 82 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método estático equivalente y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que la columna más cercana del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis modal espectral son mayores que las del método estático equivalente. Se observa también que a medida que aumenta el grado de irregularidad en la columna “2F” el factor de corrección va disminuyendo hasta llegar a cierto punto en el cual se vuelve independiente del grado de irregularidad.

## 5.4.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

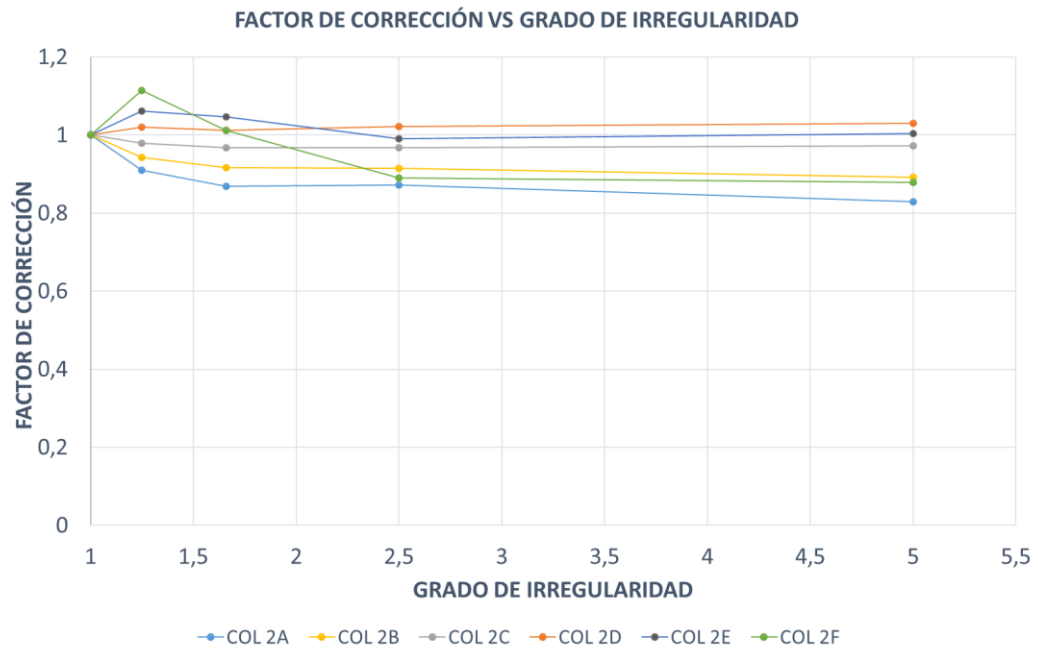


**Ilustración 83. Factor de corrección vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

### 5.4.2.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 83 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método estático equivalente y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que la columna más cercana del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis modal espectral son mayores que las del método estático equivalente. Se observa también que a medida que aumenta el grado de irregularidad en la columna “2F” el factor de corrección va disminuyendo.

### 5.4.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

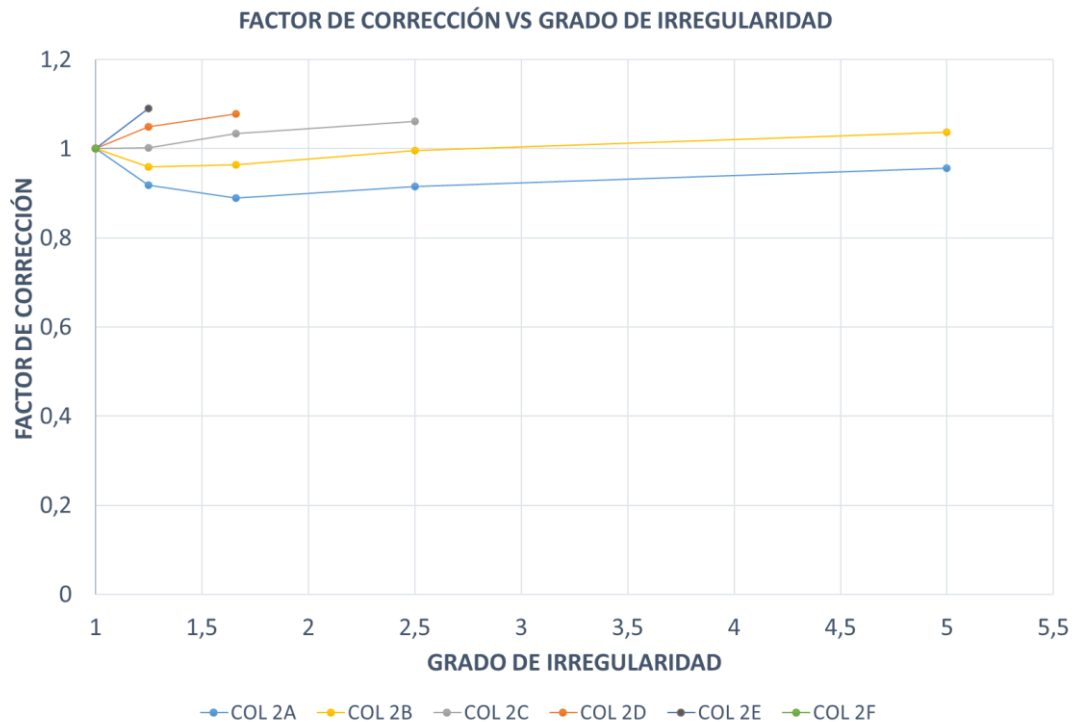


**Ilustración 84. Factor de corrección vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.4.3.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 84 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método estático equivalente y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que la columna más cercana del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis modal espectral son mayores que las del método estático equivalente. Se observa también que a medida que aumenta el grado de irregularidad en la columna “2F” el factor de corrección va disminuyendo hasta llegar a cierto punto en el cual se vuelve independiente del grado de irregularidad.

#### 5.4.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



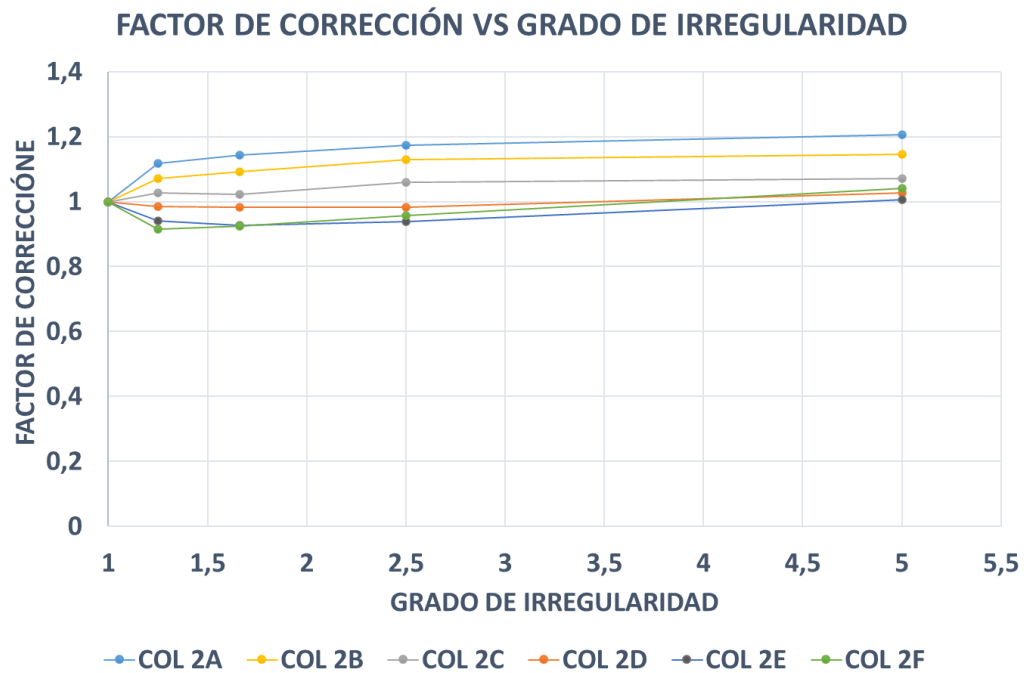
**Ilustración 85. Factor de corrección vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

##### 5.4.4.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 85 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método estático equivalente y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que la columna más cercana del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis modal espectral son mayores que las del método estático equivalente.

## 5.5 MÉTODO MODAL ESPECTRAL VS PASO A PASO EN EL TIEMPO

### 5.5.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A



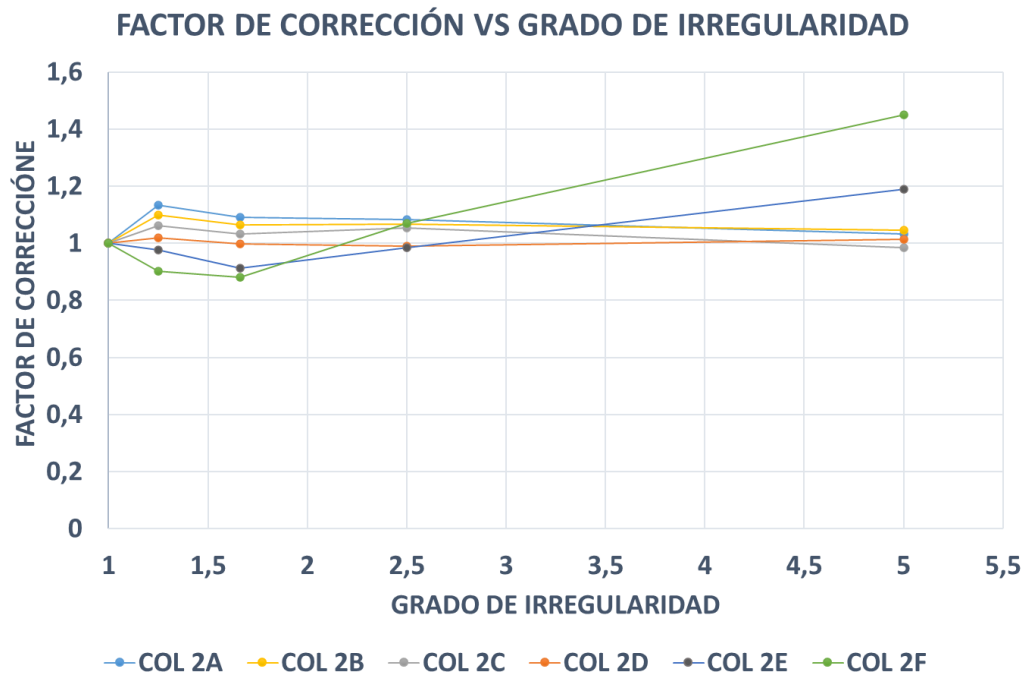
**Ilustración 86. Factor de corrección vs grado de irregularidad.**

**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.5.1.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 86 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método modal espectral y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que las columnas más alejas del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis paso a paso en el tiempo son mayores que las del método modal espectral.

## 5.5.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

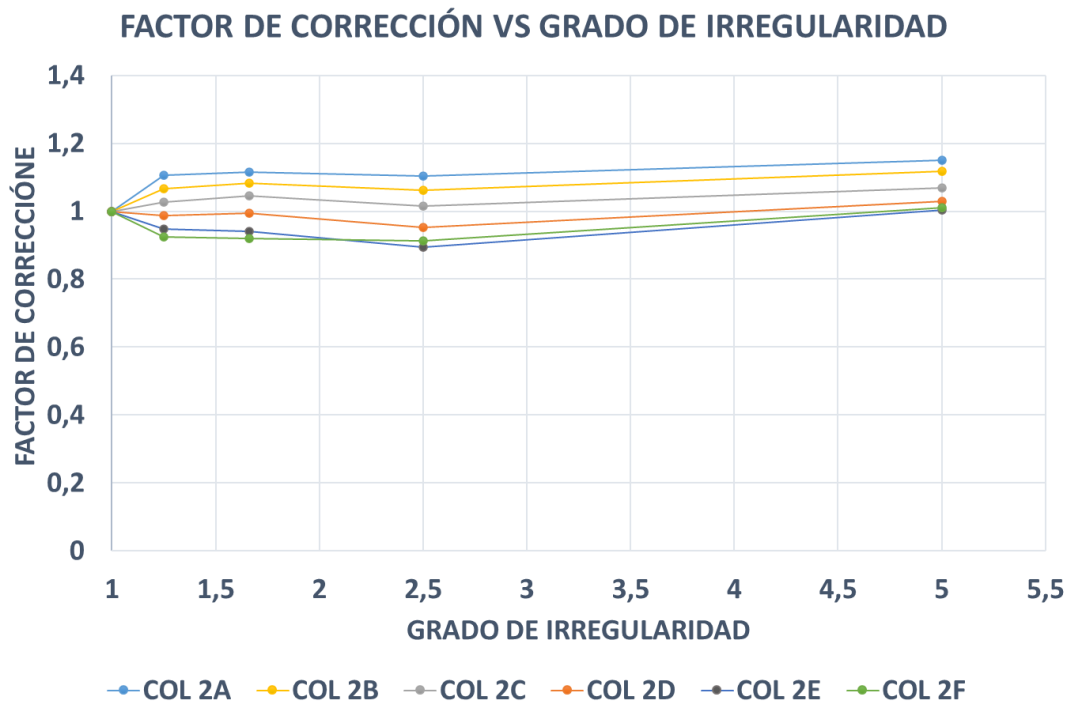


**Ilustración 87. Factor de corrección vs grado de irregularidad.**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel

### 5.5.2.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 87 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método modal espectral y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que las columnas más alejas del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis paso a paso en el tiempo son mayores que las del método modal espectral. También se observa que a medida que aumenta el grado de irregularidad las columnas 2F y 2E a partir de cierto punto, se vuelven dependientes de dicho grado.

### 5.5.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A



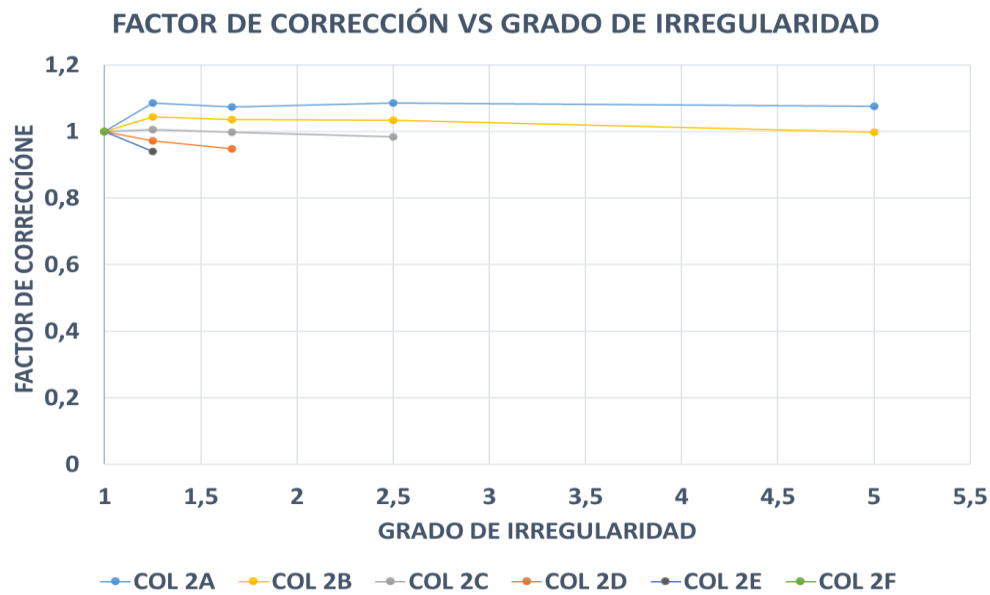
**Ilustración 88. Factor de corrección vs grado de irregularidad.**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

#### 5.5.3.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 88 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método modal espectral y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que las columnas más alejas del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis paso a paso en el tiempo son mayores que las del método modal espectral.



#### 5.5.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



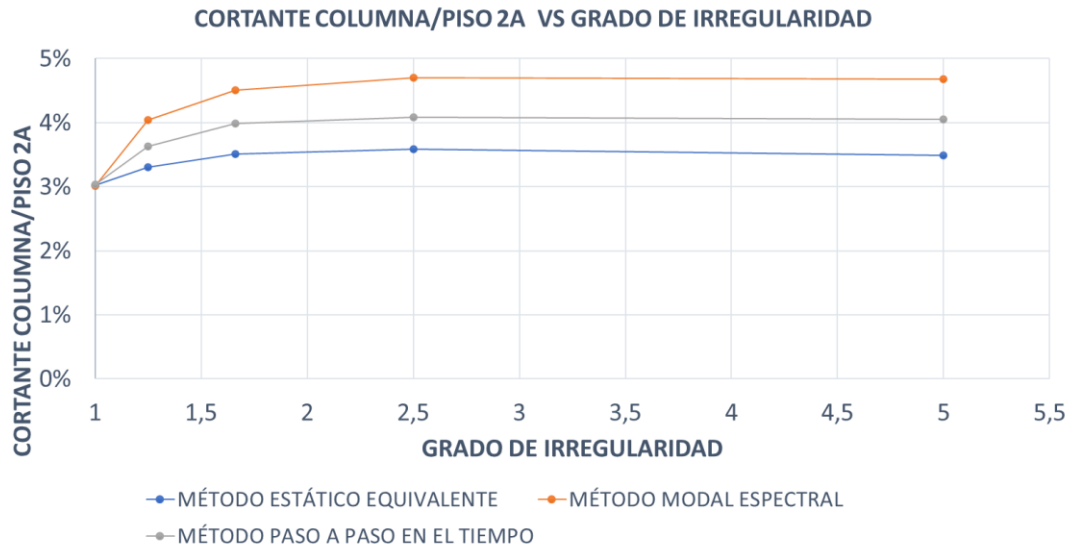
**Ilustración 89. Factor de corrección vs grado de irregularidad.  
Fuente: Carlos Méndez Rugel**

##### 5.5.4.1 OBSERVACIONES

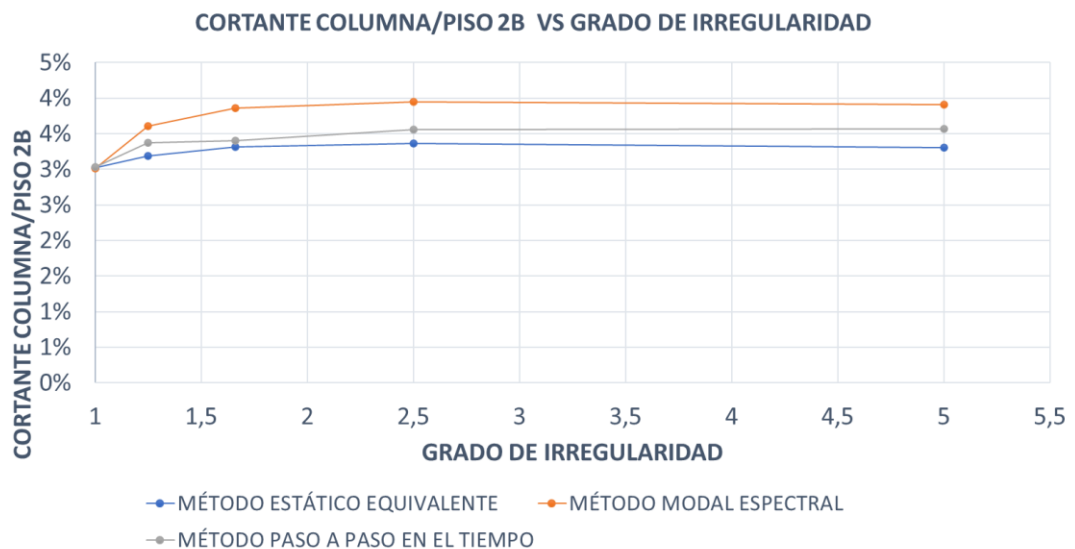
- En la Ilustración 89 se muestra la gráfica factor de corrección (razón entre el método modal espectral y el método paso a paso en el tiempo) vs grado de irregularidad. Se observa que de forma general el factor de corrección es independiente al grado de irregularidad, y que las columnas más alejas del centro de masa presenta menor factor de corrección lo que quiere decir que los resultados obtenidos en el análisis paso a paso en el tiempo son mayores que las del método modal espectral.

## 5.6 MÉTODO ESTÁTICO EQUIVALENTE VS MODAL ESPECTRAL VS PASO A PASO EN EL TIEMPO

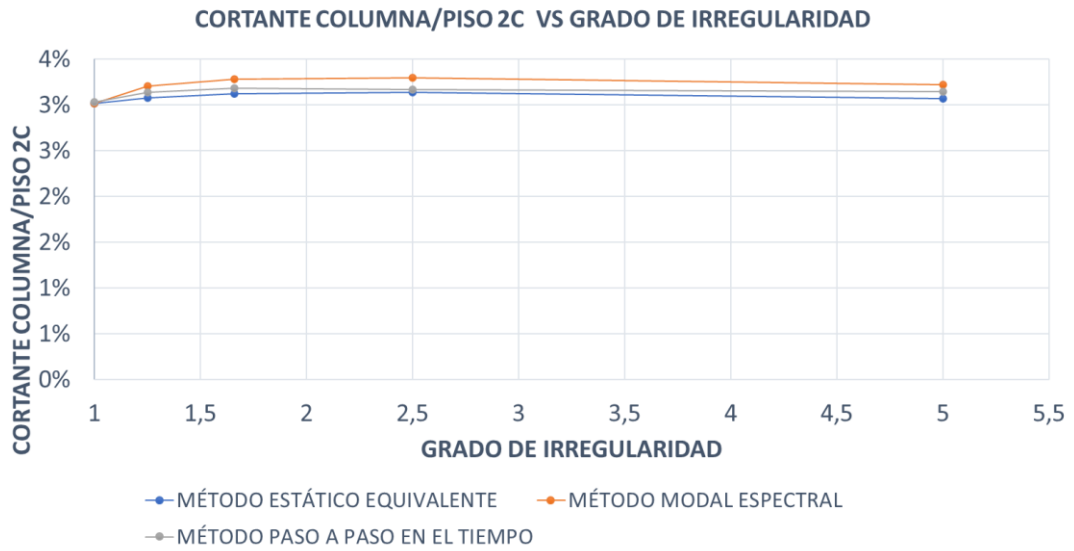
### 5.6.1 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A



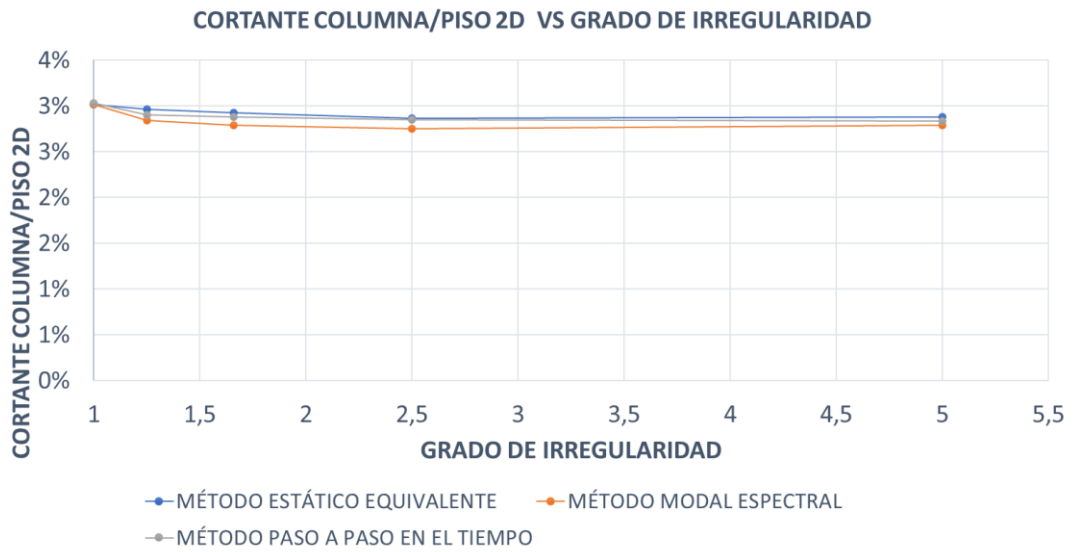
**Ilustración 90. Cortante columna/piso 2A grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



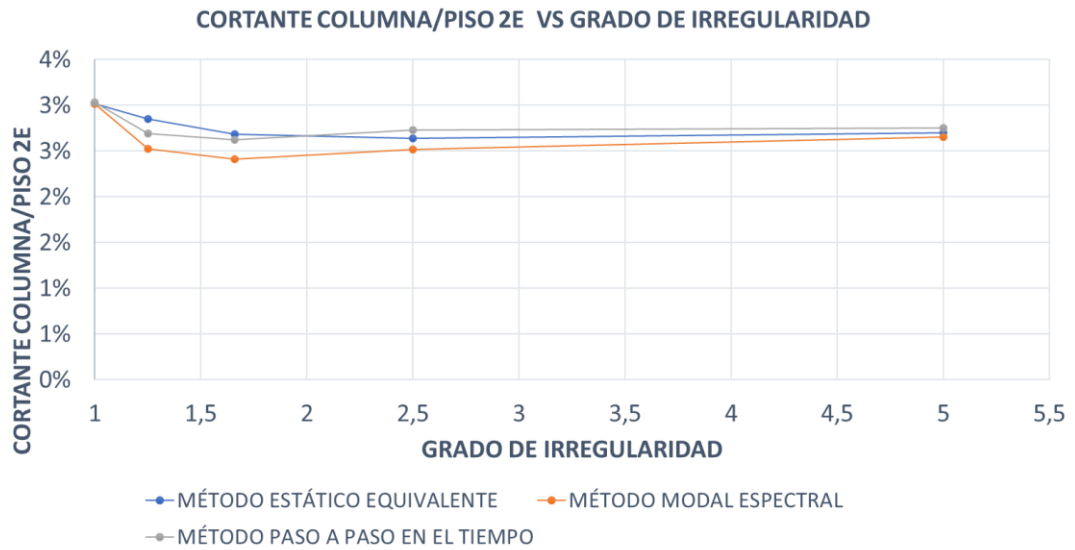
**Ilustración 91. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



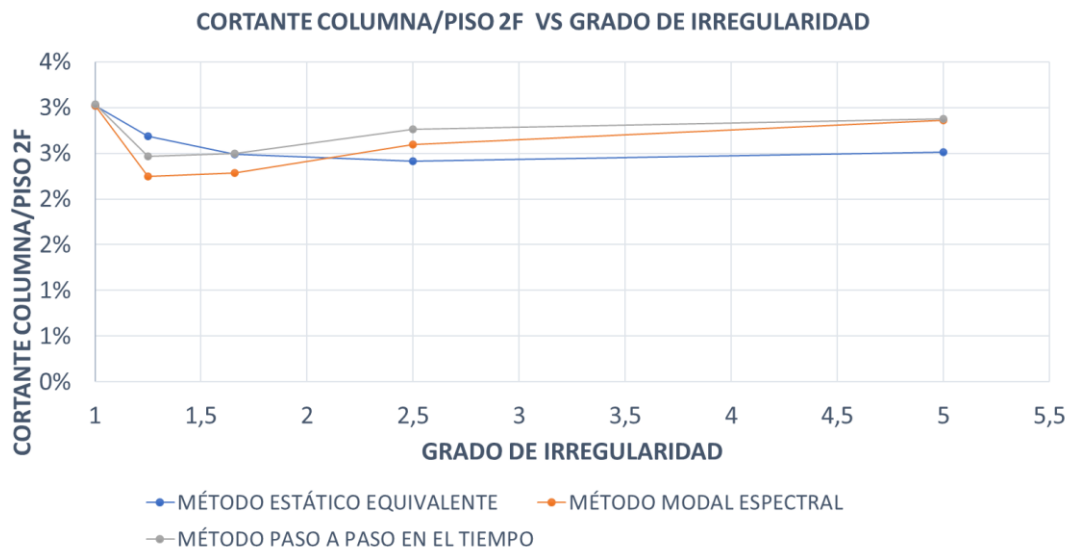
**Ilustración 92. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 93. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 94. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

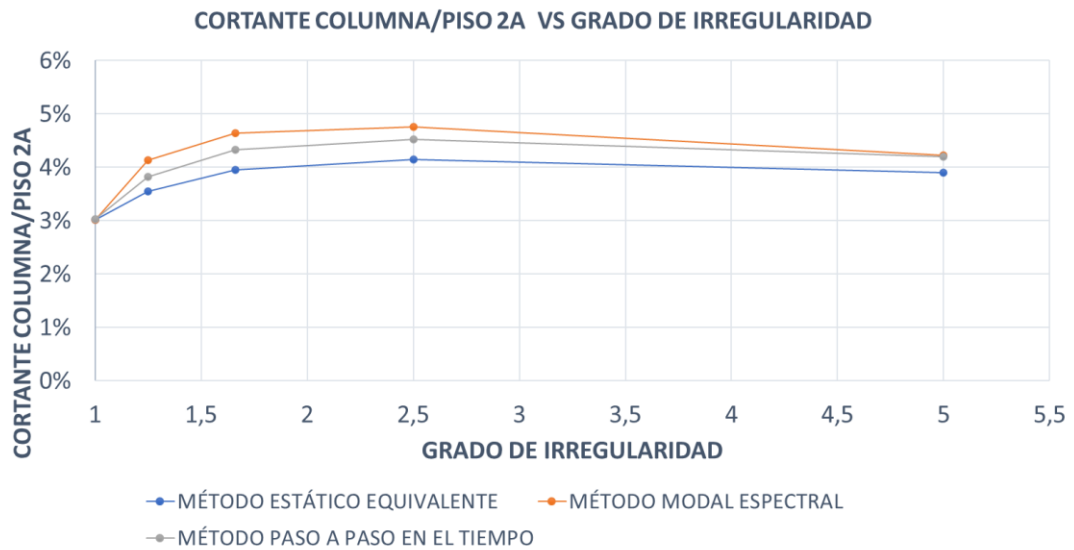


**Ilustración 95. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

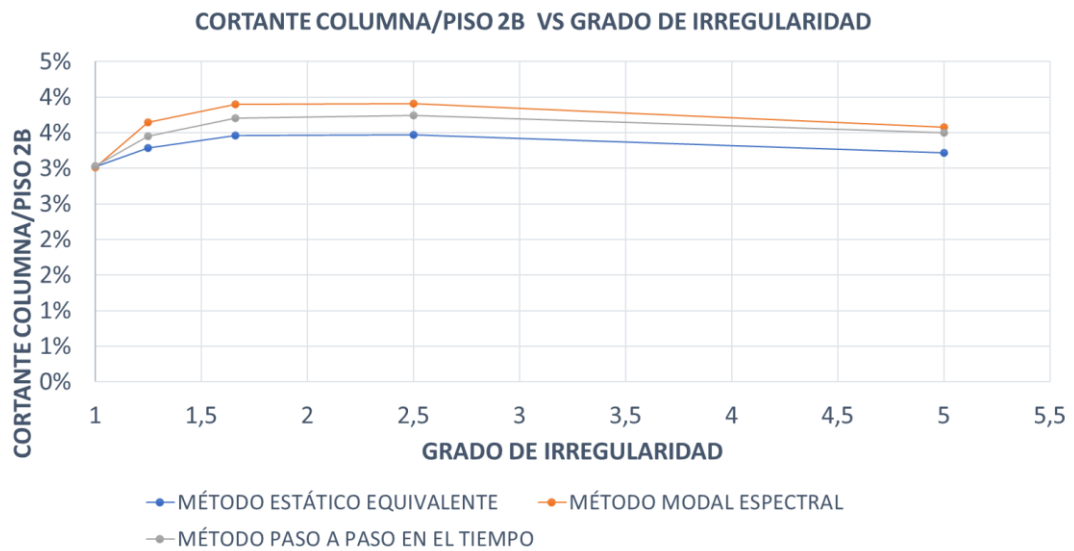
### 5.6.1.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 90 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2A y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 91 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2B y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 92 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2C y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 93 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2D y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 94 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2E y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 95 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2F y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.

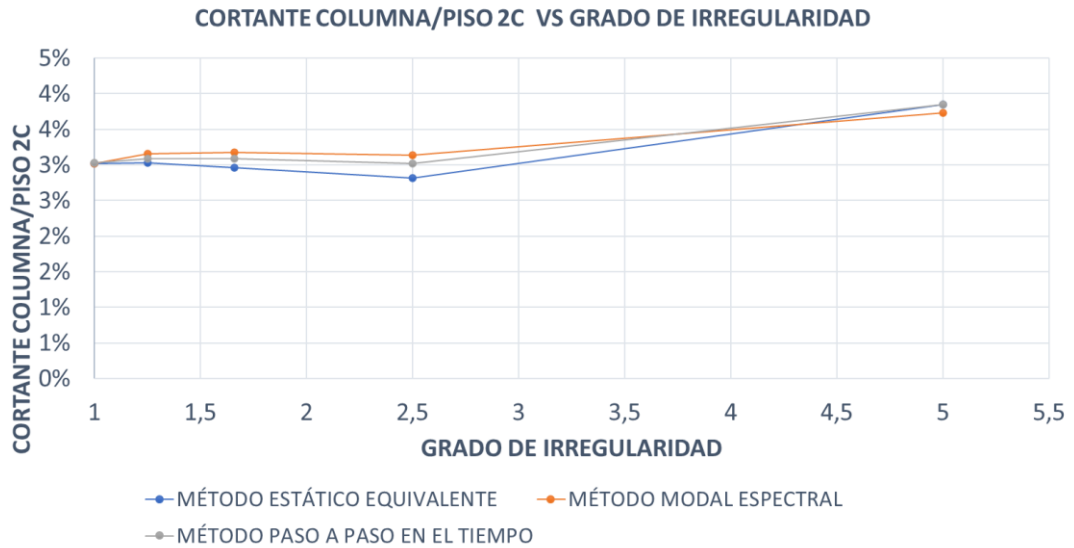
## 5.6.2 ANÁLISIS COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B



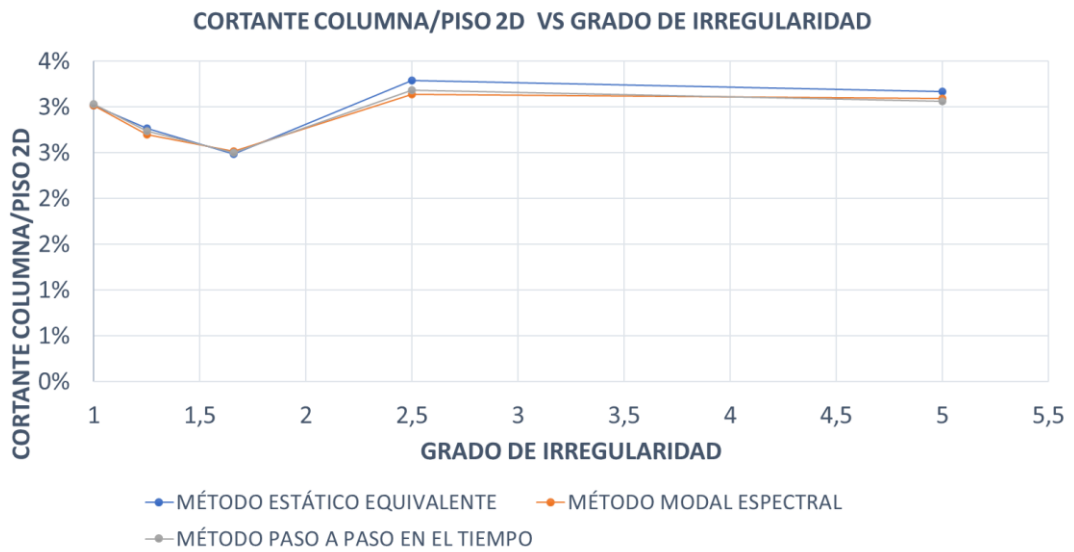
**Ilustración 96. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



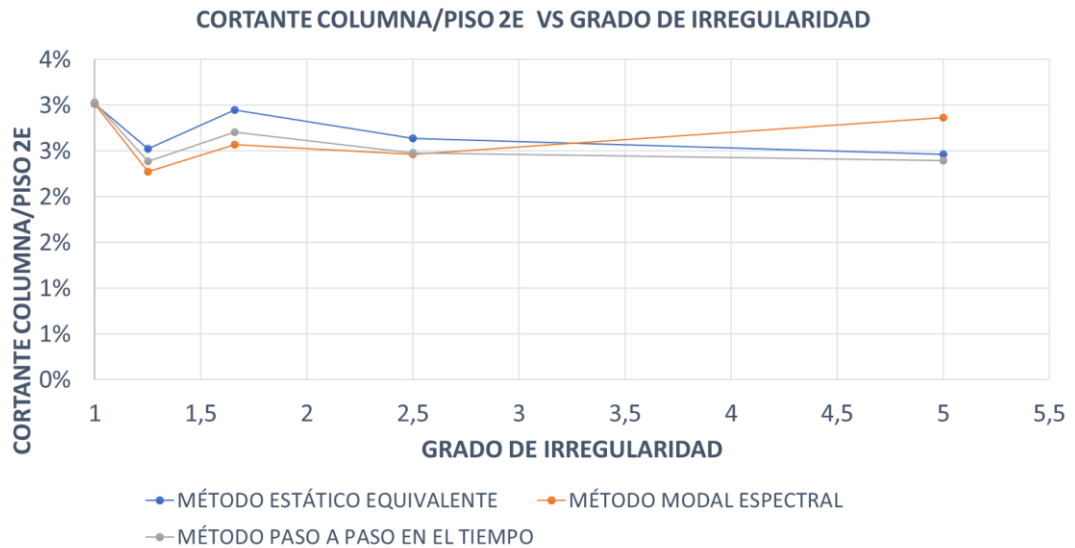
**Ilustración 97. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



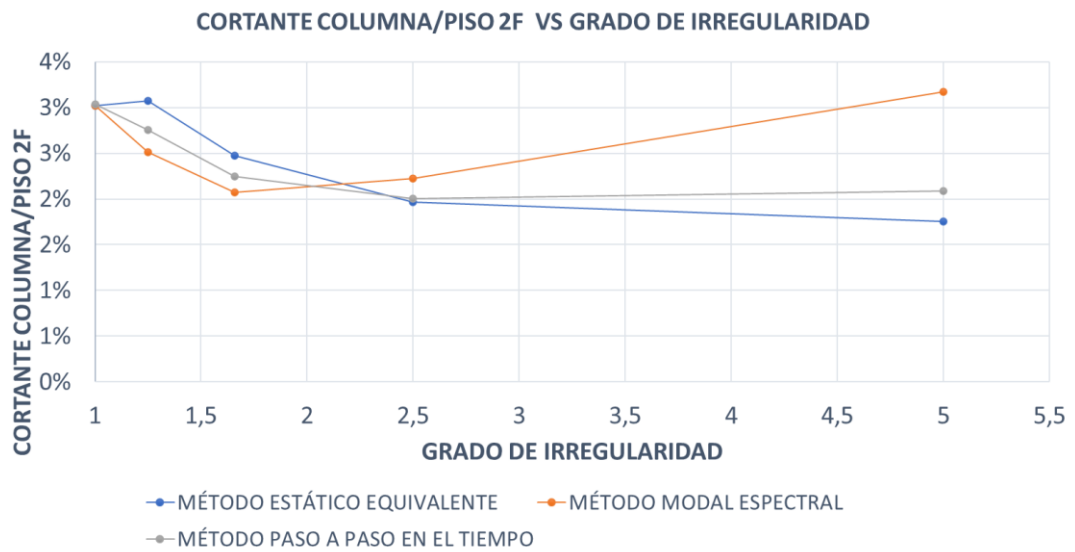
**Ilustración 98. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 99. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 100. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



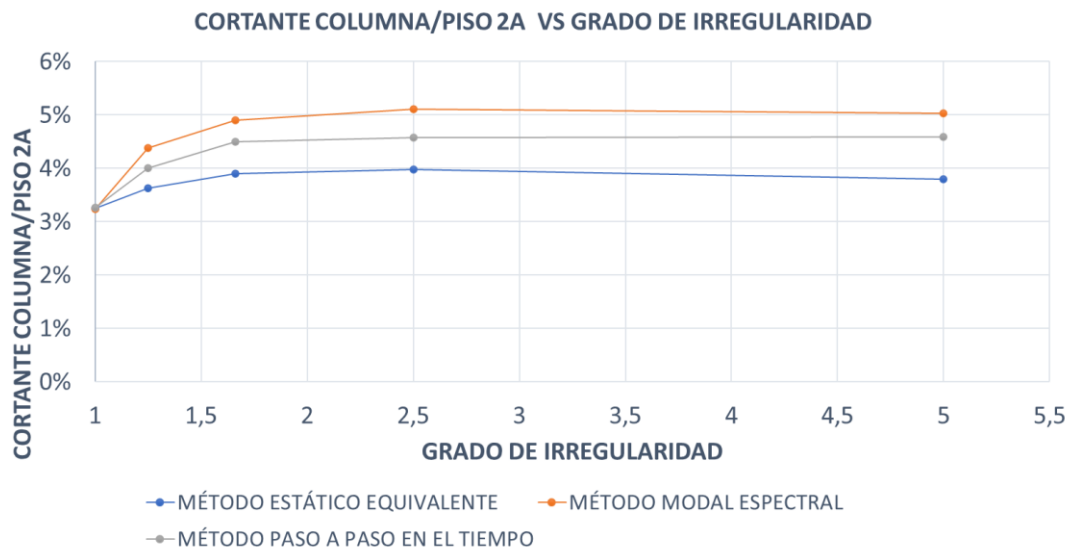
**Ilustración 101. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



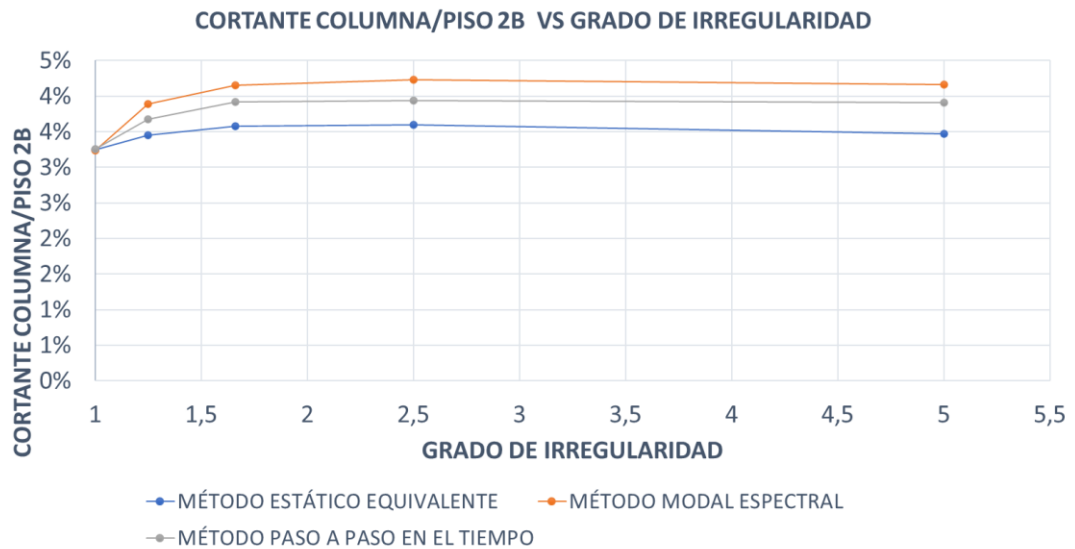
### 5.6.2.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 96 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2A y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 97 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2B y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 98 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2C y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 99 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2D y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 100 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2E y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 101 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2F y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.

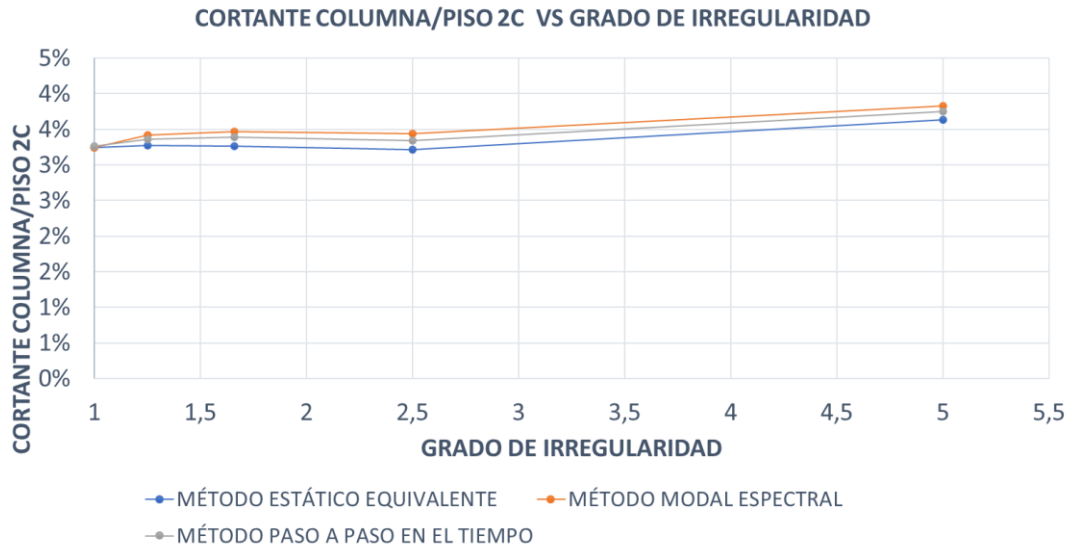
### 5.6.3 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A



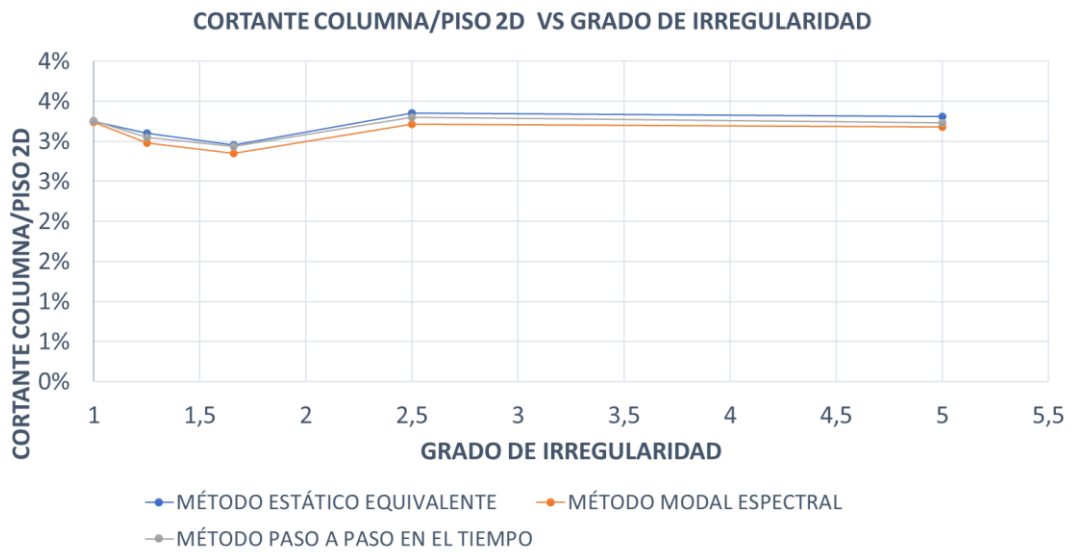
**Ilustración 102. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



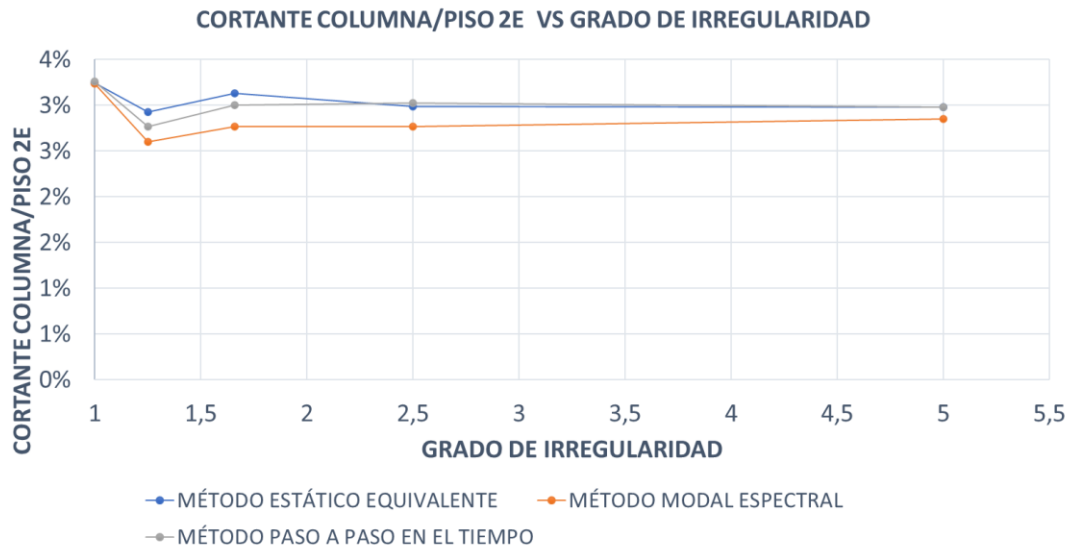
**Ilustración 103. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



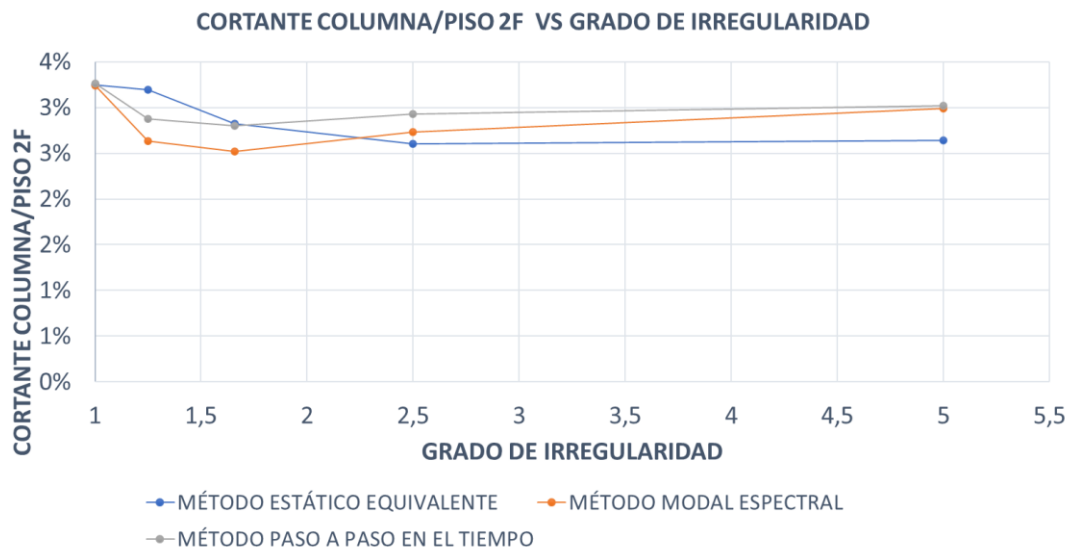
**Ilustración 104. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 105. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 106. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

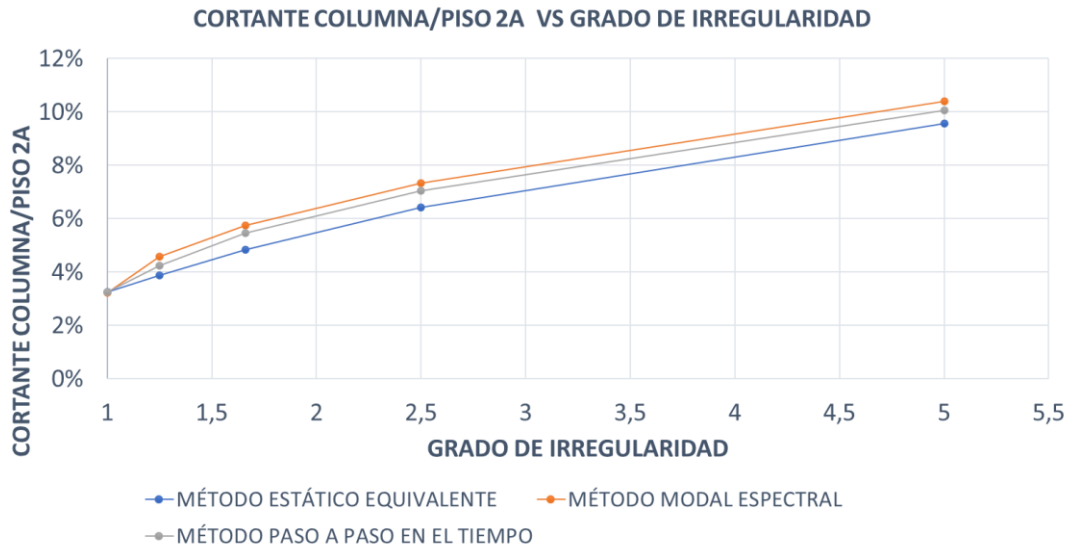


**Ilustración 107. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**

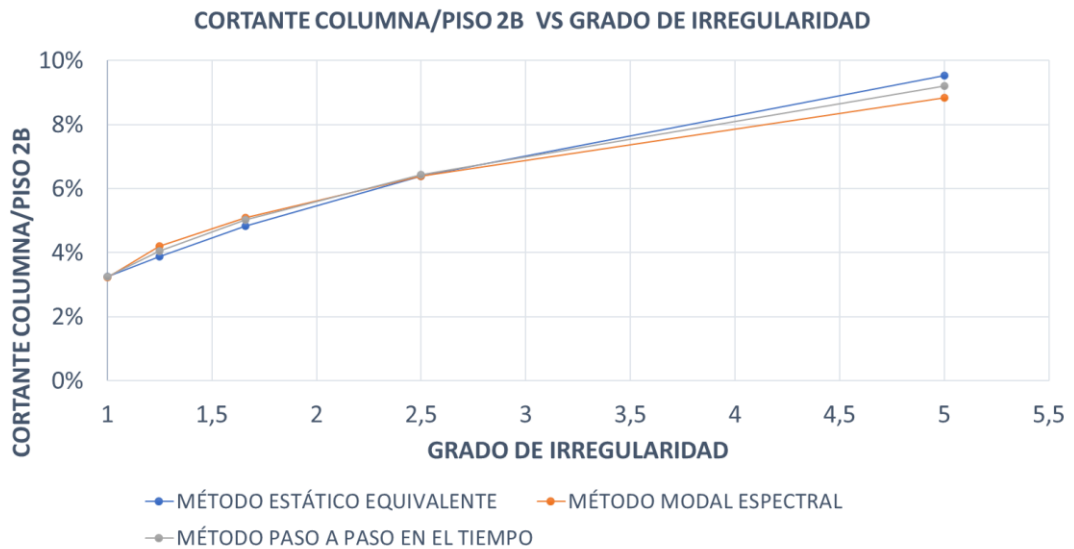
### 5.6.3.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 102 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2A y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 103 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2B y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 104 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2C y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 105 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2D y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 106 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2E y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 107 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2F y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es independiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.

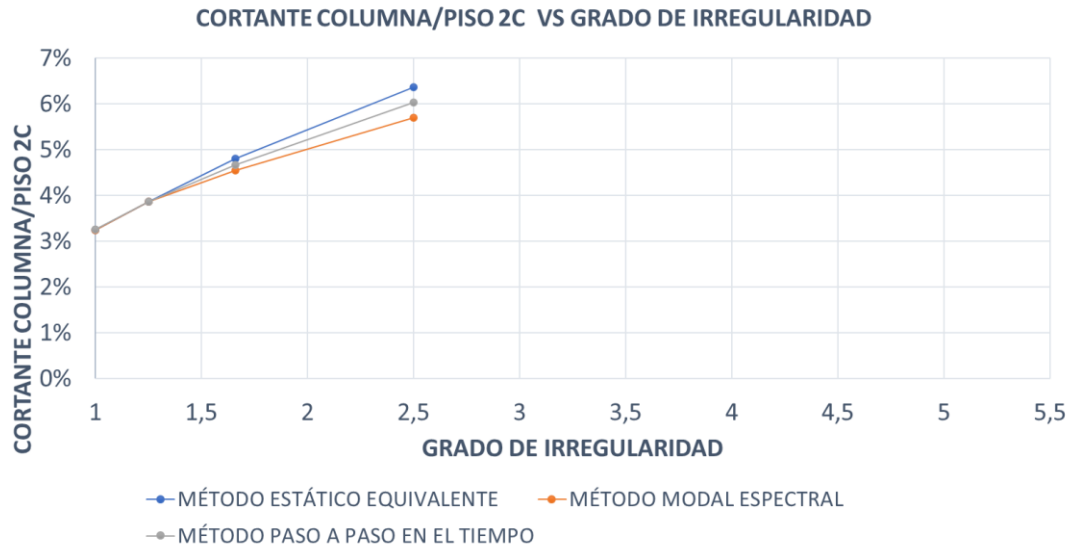
## 5.6.4 ANÁLISIS COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B



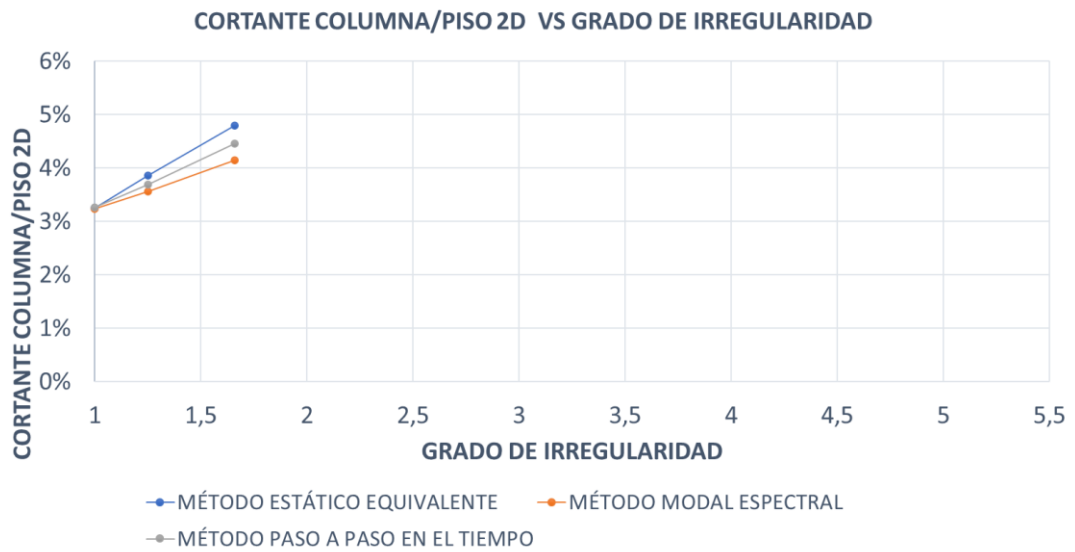
**Ilustración 108. Cortante columna/piso 2A vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



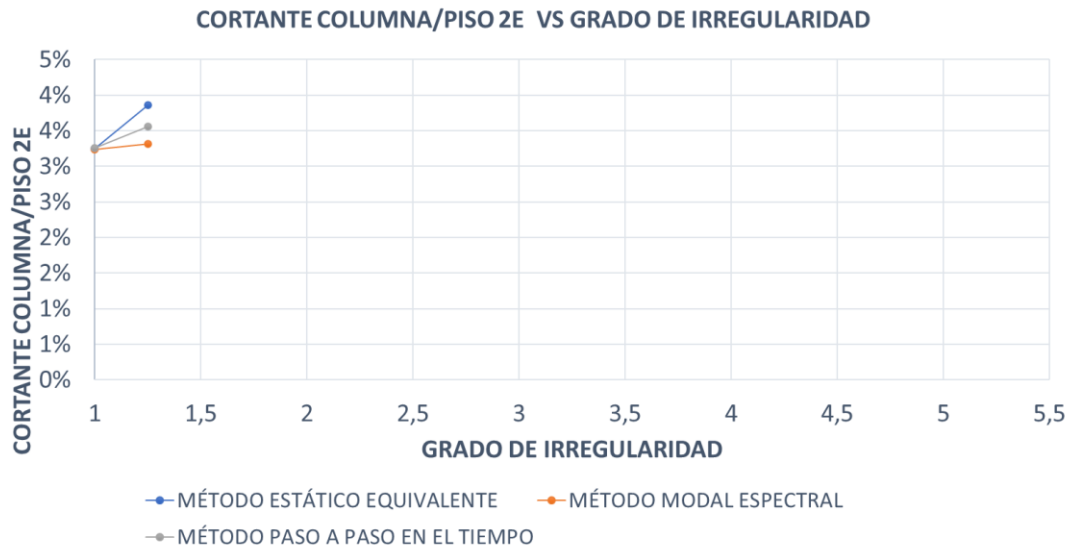
**Ilustración 109. Cortante columna/piso 2B vs grado de irregularidad**  
Fuente: Carlos Méndez Rugel



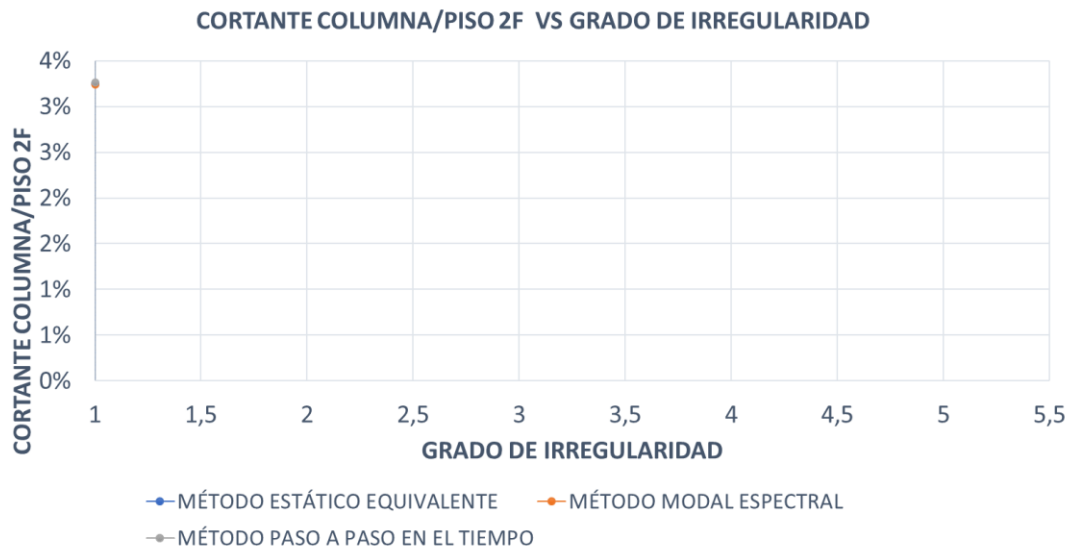
**Ilustración 110. Cortante columna/piso 2C vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 111. Cortante columna/piso 2D vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 112. Cortante columna/piso 2E vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



**Ilustración 113. Cortante columna/piso 2F vs grado de irregularidad**  
**Fuente: Carlos Méndez Rugel**



#### 5.6.4.1 OBSERVACIONES

- En la Ilustración 108 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2A y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 109 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2B y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad.
- En la Ilustración 110 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2C y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 111 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2D y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 112 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2E y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. Se observa que el método de análisis que se utilice es dependiente del grado de irregularidad y que no existe mucha variación entre los resultados.
- En la Ilustración 113 se muestra la gráfica entre la relación porcentual del cortante de la columna 2F y el cortante total del piso vs el grado de irregularidad. No se observan resultados debido a que esta columna ubicada en el segundo piso se la elimino desde el principio con el fin de aumentar el grado de irregularidad.

## **CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **6.1 CONCLUSIONES**

- Se debería castigar al método estático equivalente ya que la distribución de fuerzas presentadas es menor al método paso a paso en el tiempo.
- Se debería castigar al método modal espectral ya que la distribución de fuerzas presentadas es menor al método paso a paso en el tiempo.
- El castigo o el factor de corrección por método de análisis es independiente del grado de irregularidad según los prototipos estudiados.
- De forma específica se debería penalizar a ciertas columnas dependiendo del tipo de análisis y la ubicación de dichas columnas (cercanas o lejanas del centro de masas), lo cual no sería muy práctico a la hora del diseño.
- Se propone utilizar un factor de corrección de 0,83 para el método estático equivalente debido a que este valor es la menor relación encontrada entre los 2 métodos comparados (Estático equivalente y paso a paso en el tiempo). Lo cual conllevaría a aumentar la fuerza sísmica del método estático equivalente en un 20,48%.
- Se propone utilizar un factor de corrección de 0,88 para el método modal espectral debido a que este valor es la menor relación encontrada entre los 2 métodos comparados (modal espectral y paso a paso en el tiempo). Lo cual conllevaría a aumentar la fuerza sísmica del método estático equivalente en un 13,63%.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

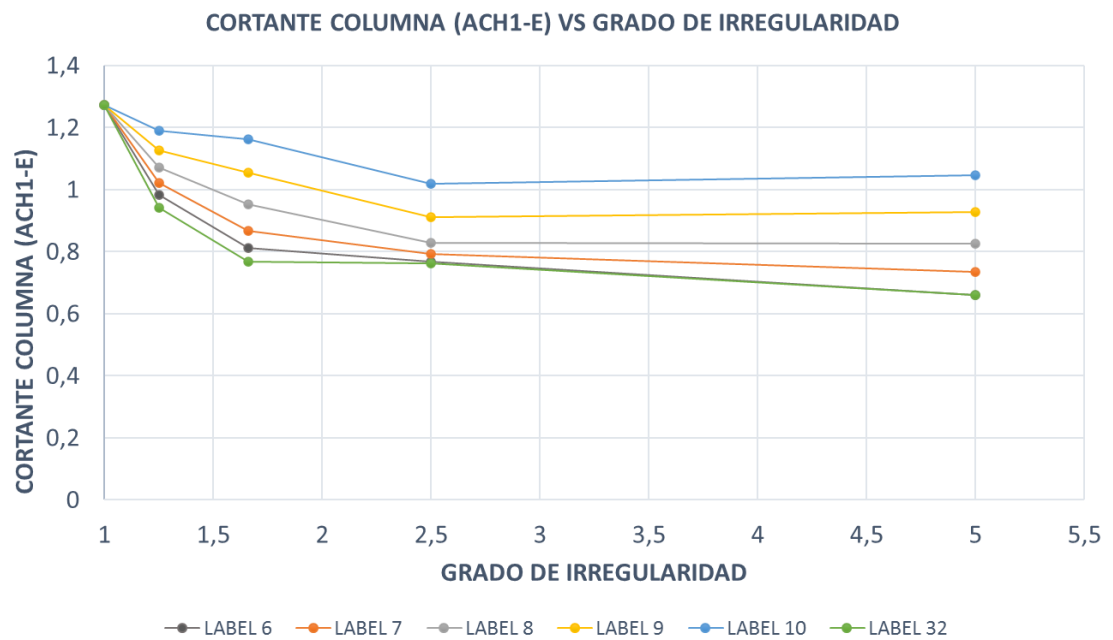
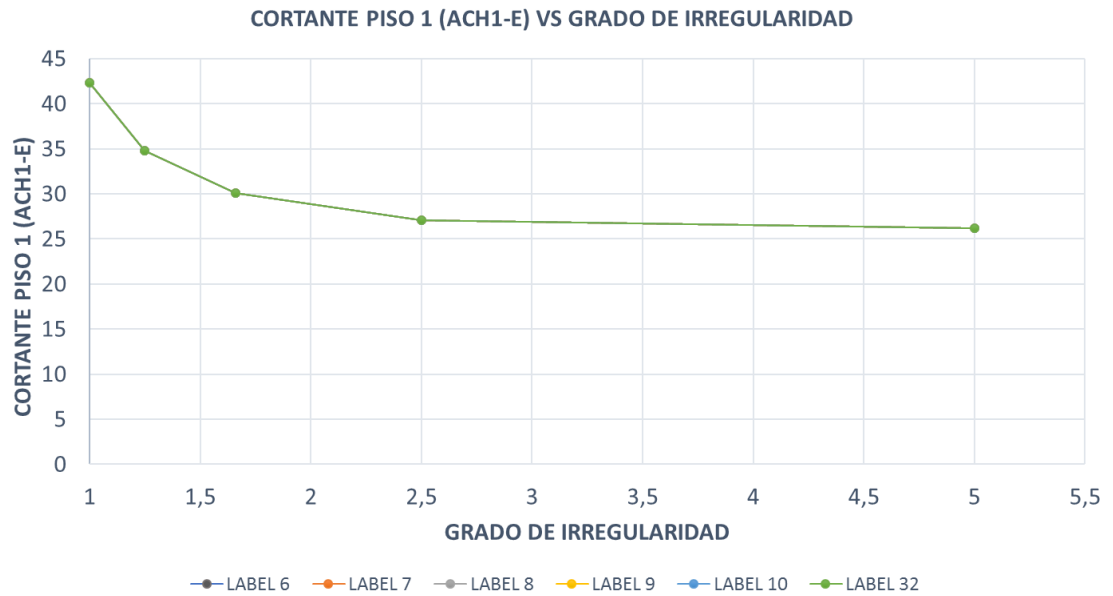
- Se recomienda que se estudien otras respuestas tales como derivas, carga axial, entre otras.
- Se recomienda realizar el análisis para el sentido Y, y usar la combinación del 100% de la carga sísmica en un sentido mas el 30% de la carga sísmica en el otro sentido.
- Se recomienda utilizar mas registros sísmicos debido a que este trabajo se limitó a solo 7 registros.
- Se recomienda plantear otros prototipos de estudio variando los grados de irregularidad para obtener la respuesta para grados de irregularidad diferentes a los estudiados en este trabajo.
- Se recomienda realizar análisis no lineales con el fin de conocer con datos más reales la respuesta de un edificio.

# CAPÍTULO VI: ANEXOS

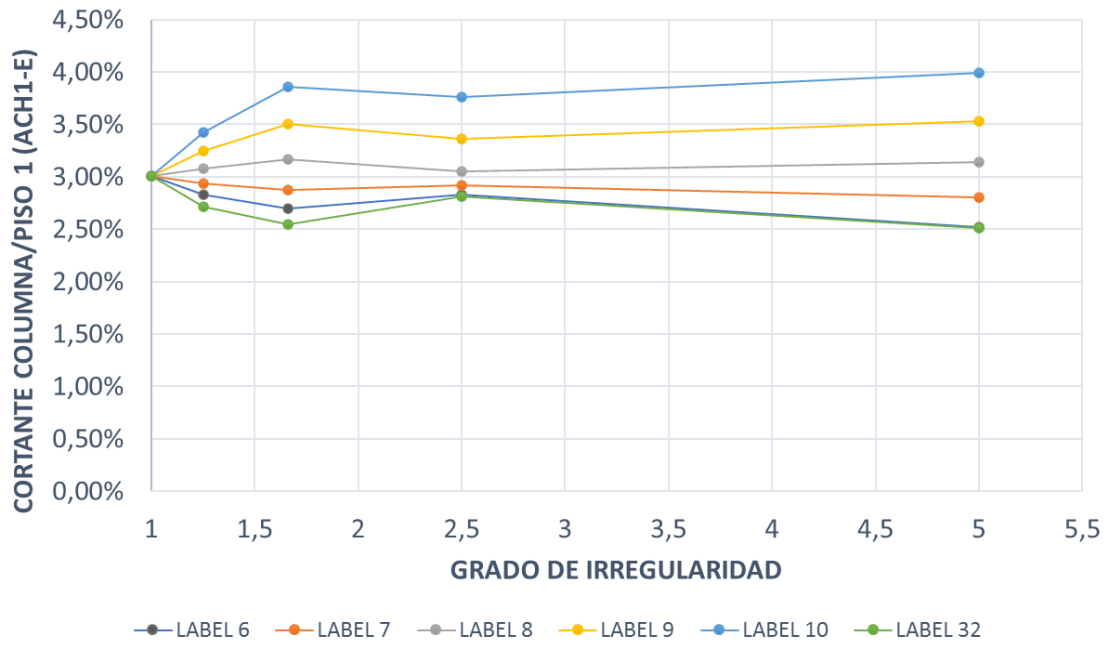
## ESTACIÓN ACH1

### COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

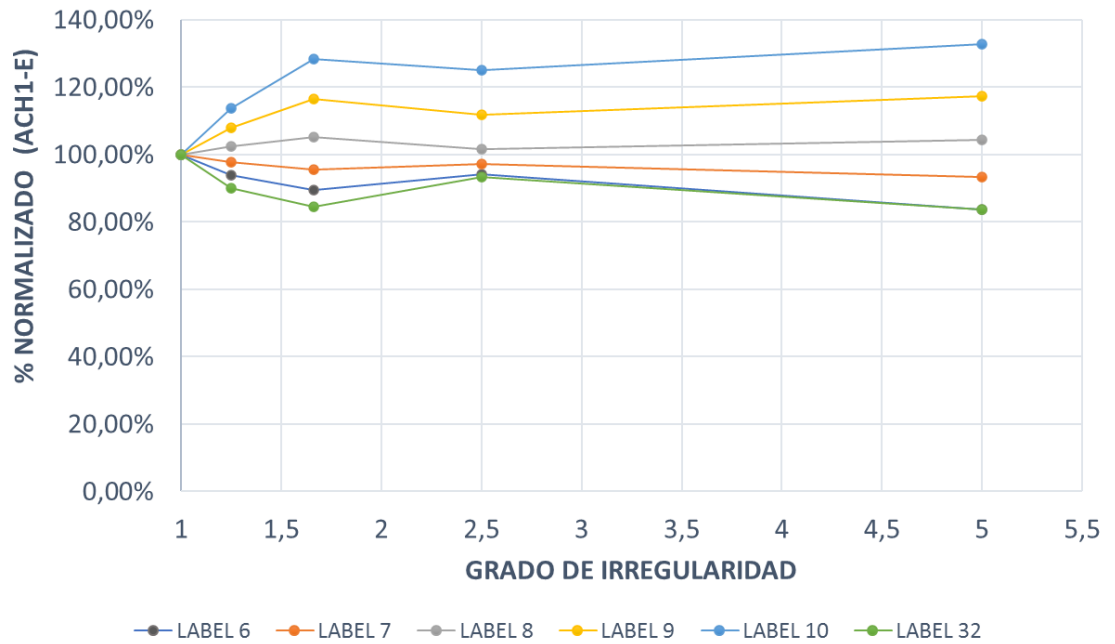
#### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

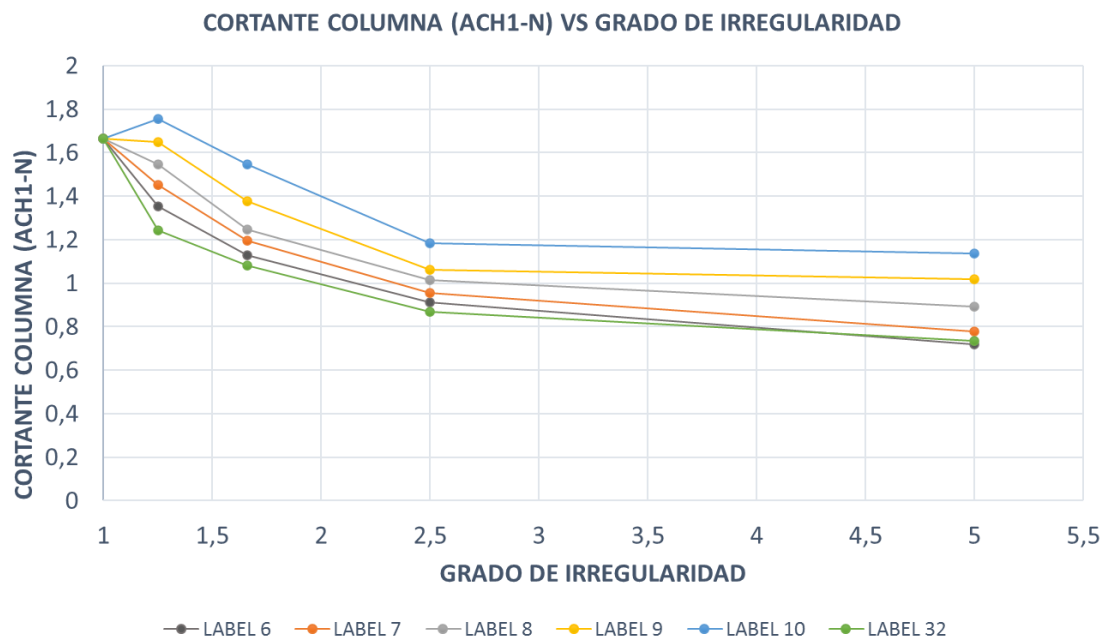
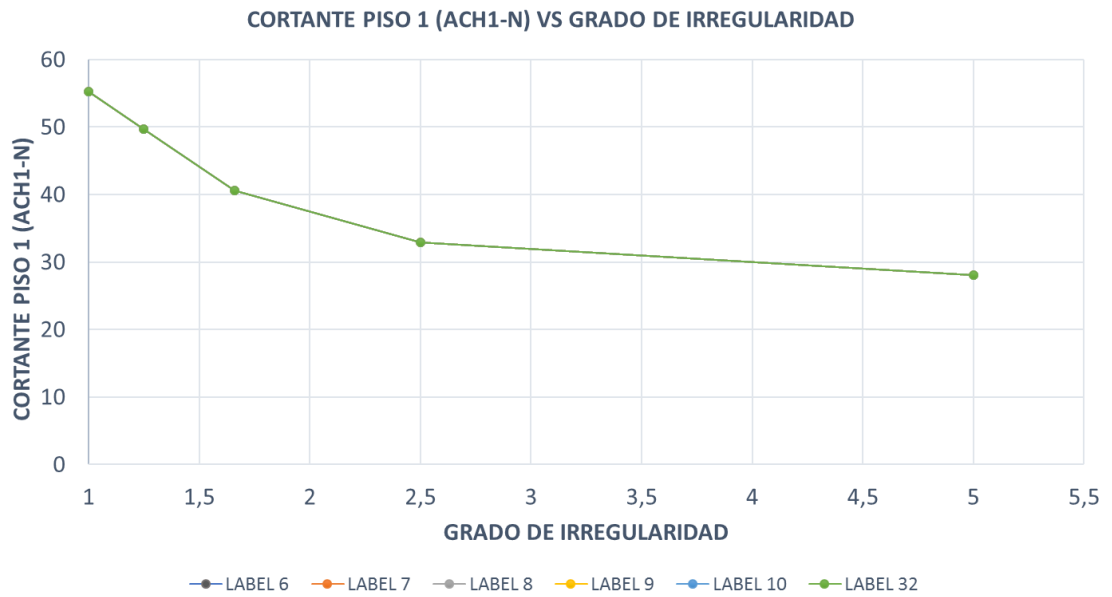


**% NORMALIZADO (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

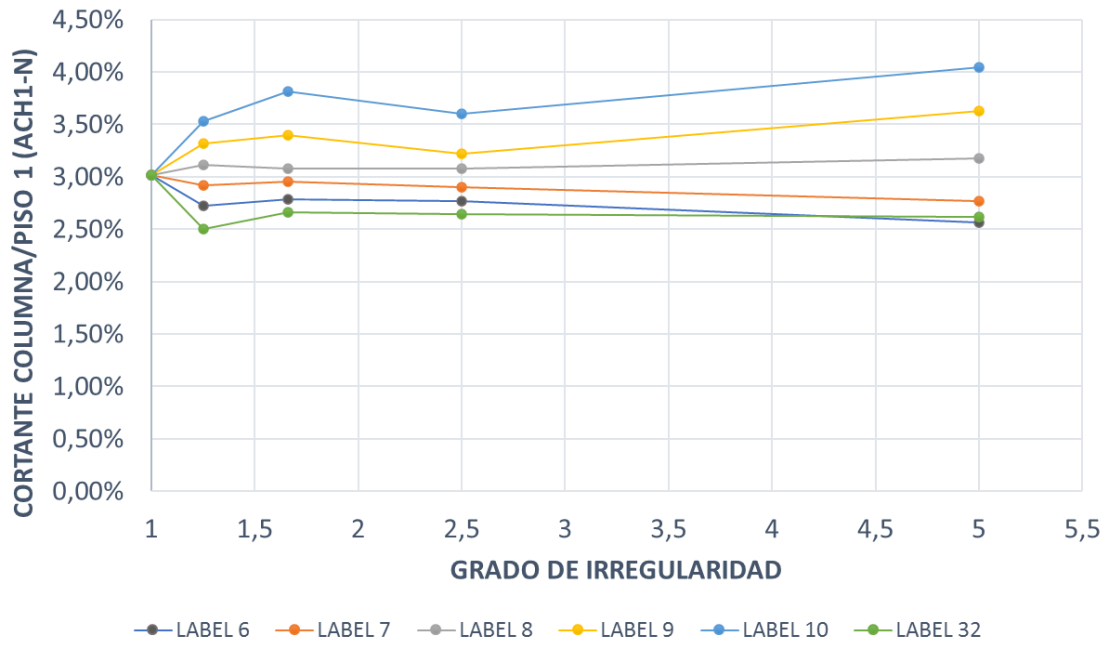


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

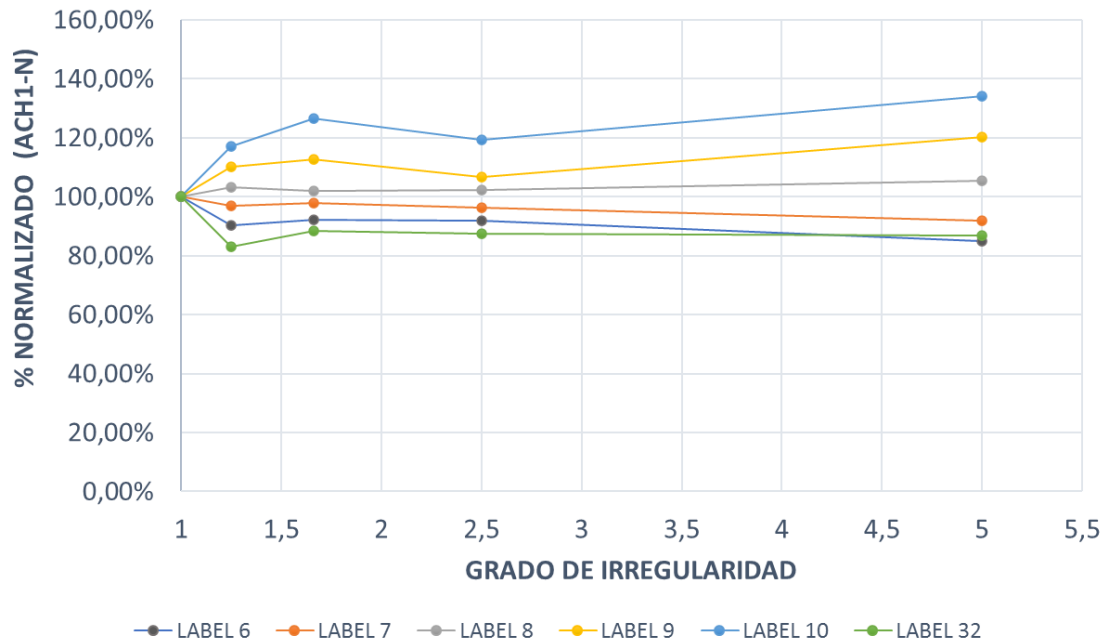
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

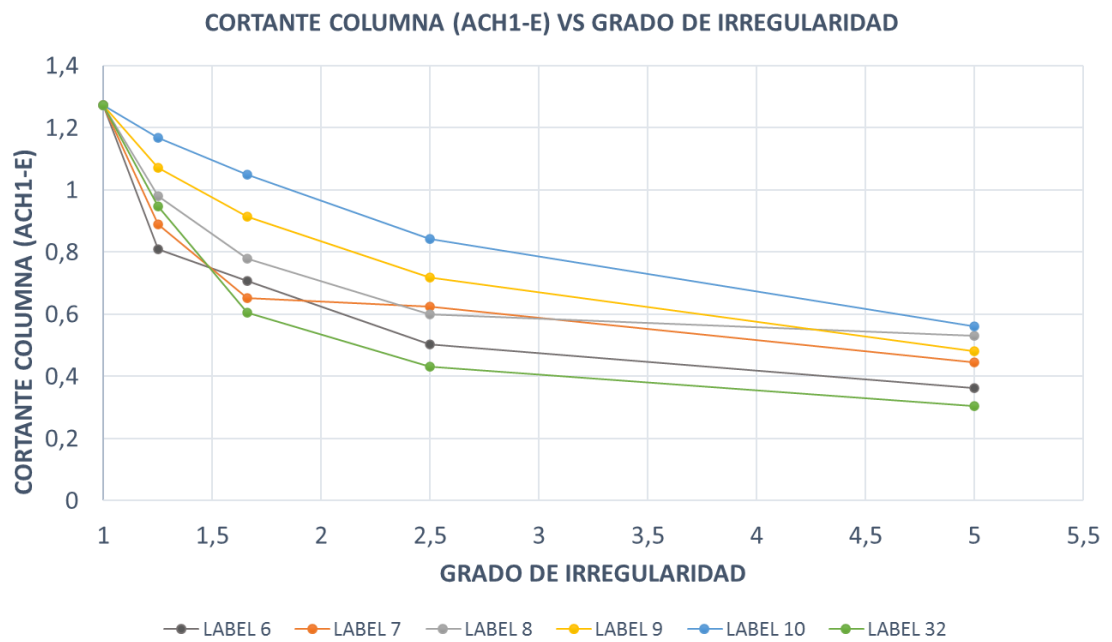
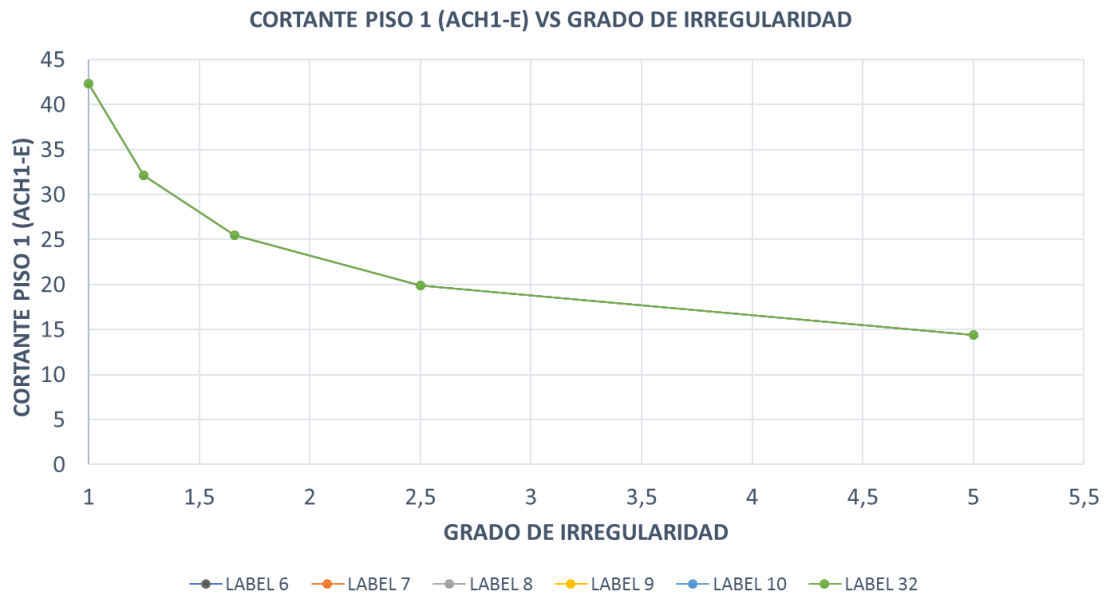


**% NORMALIZADO (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



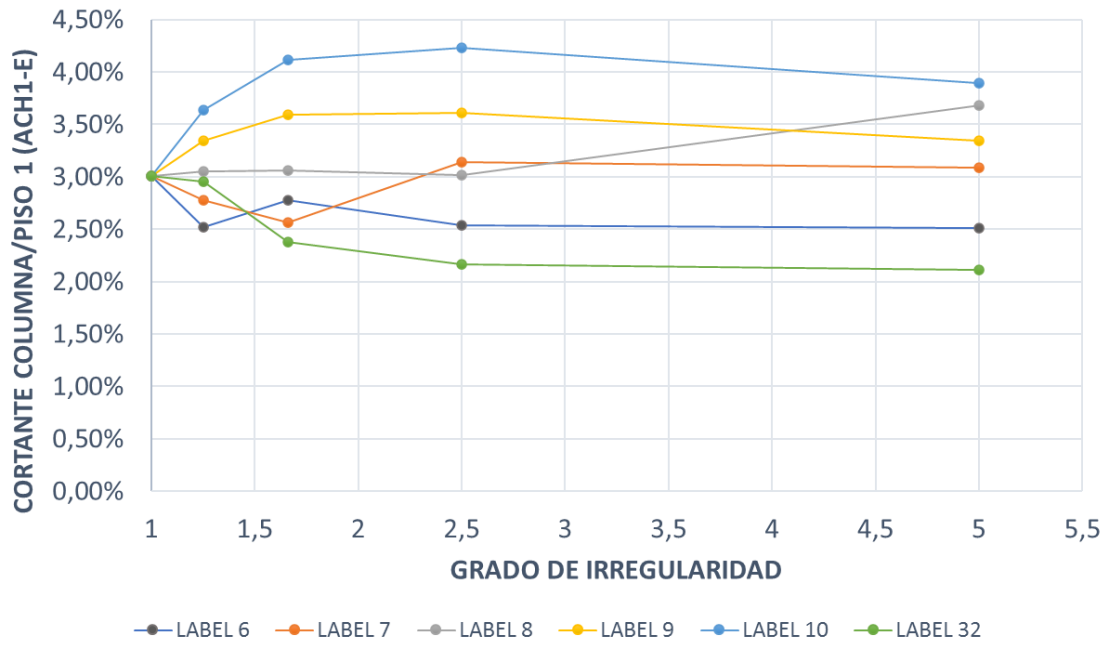
## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

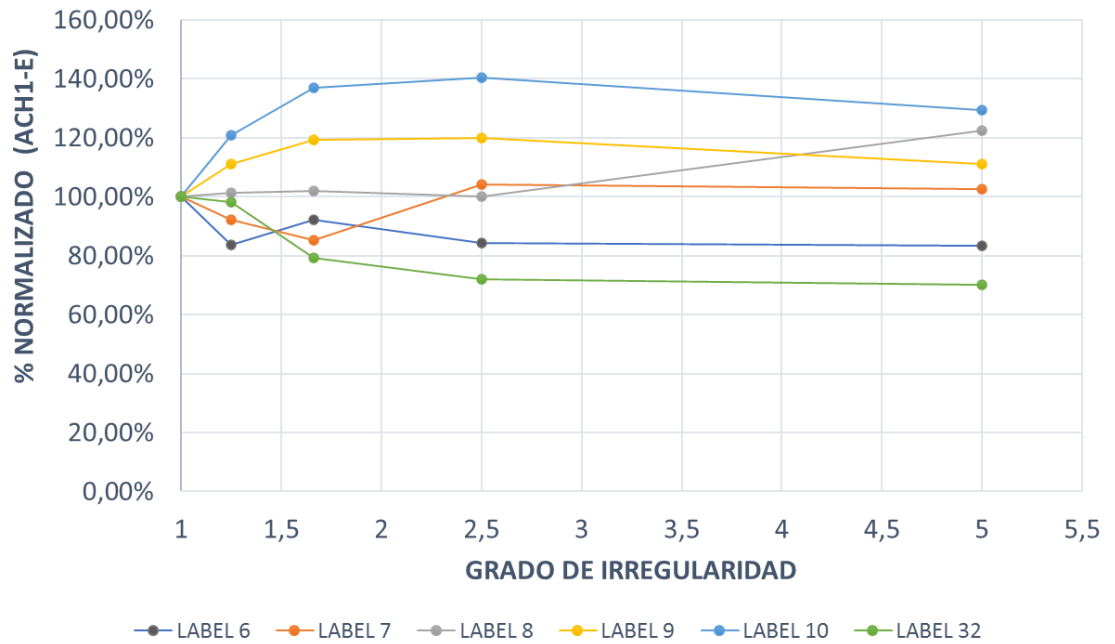




**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

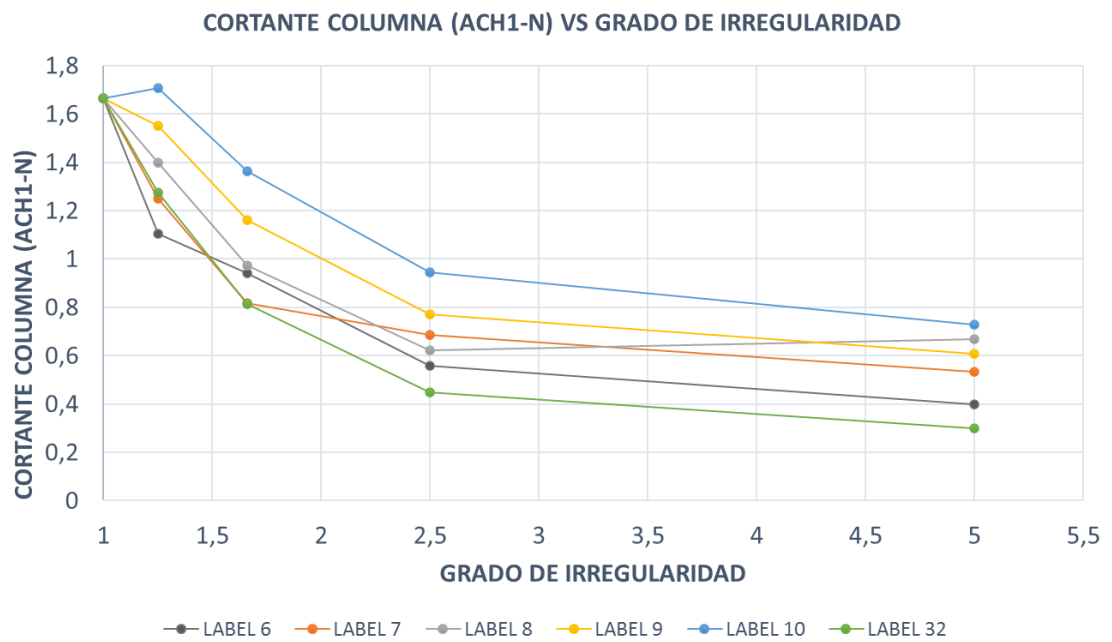
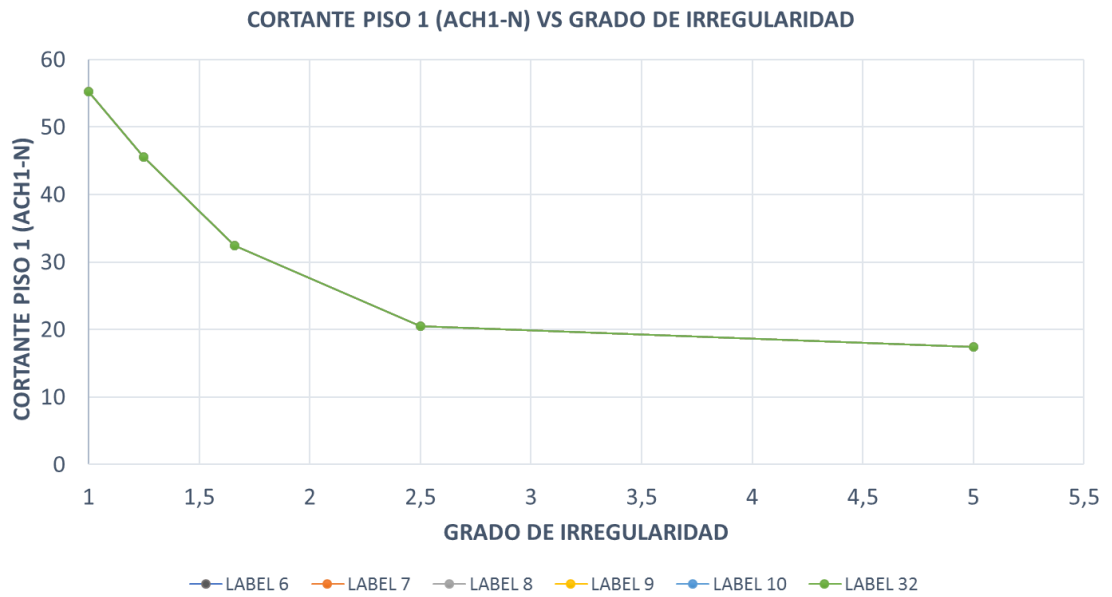


**% NORMALIZADO (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

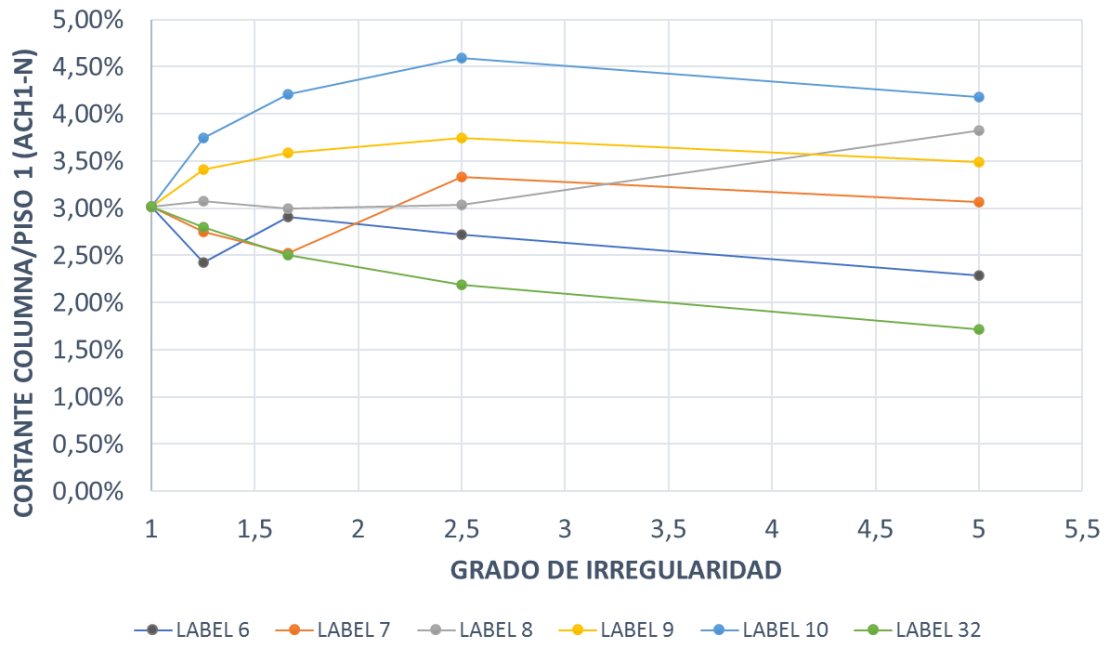


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

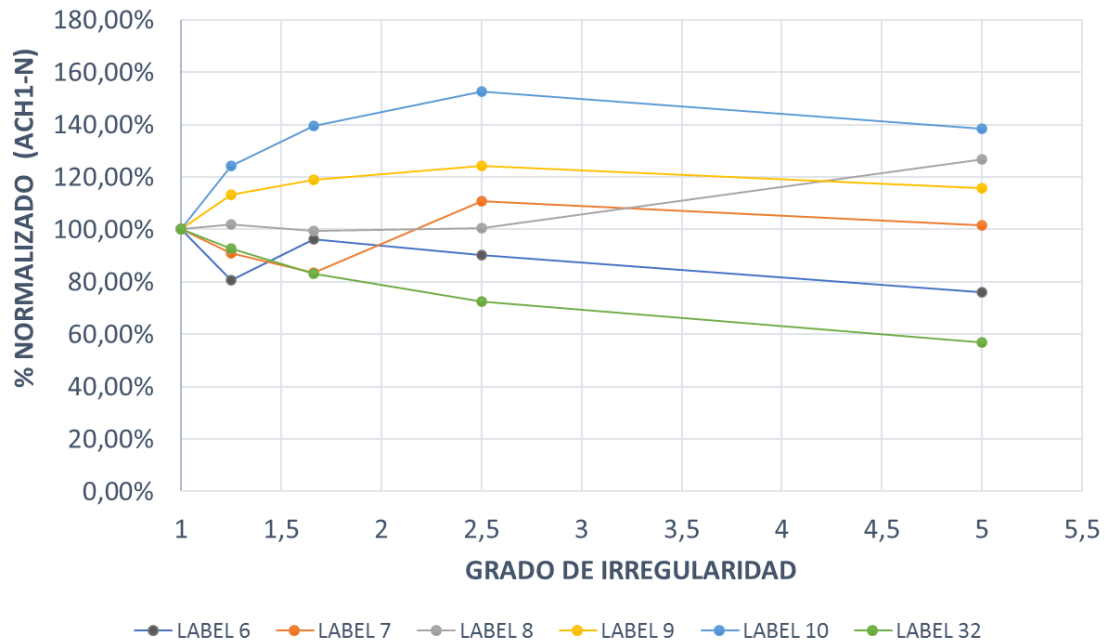
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

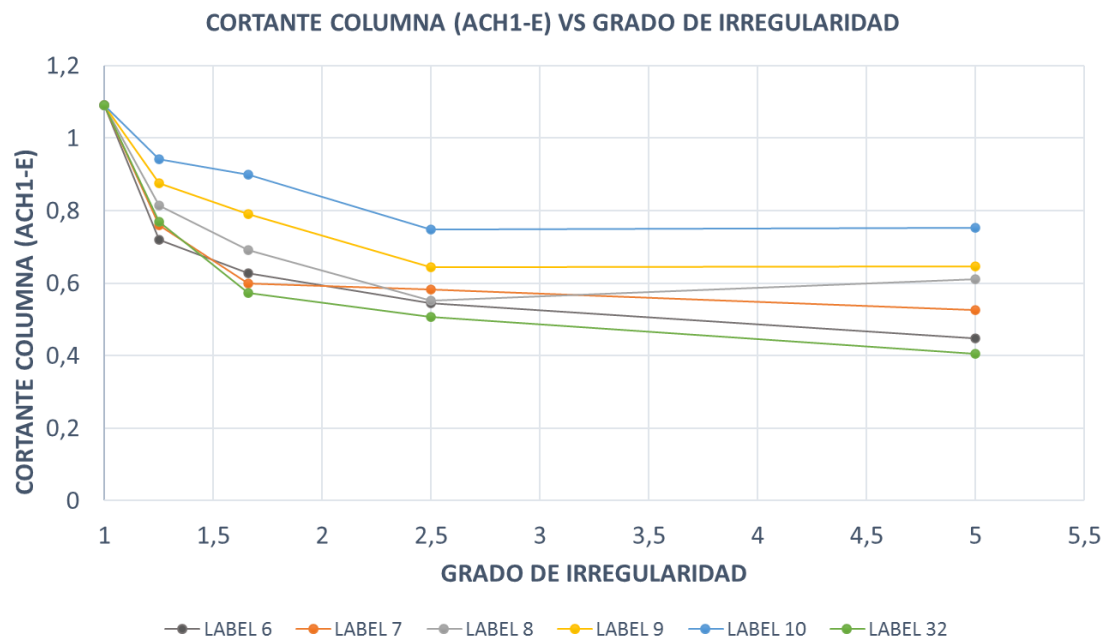
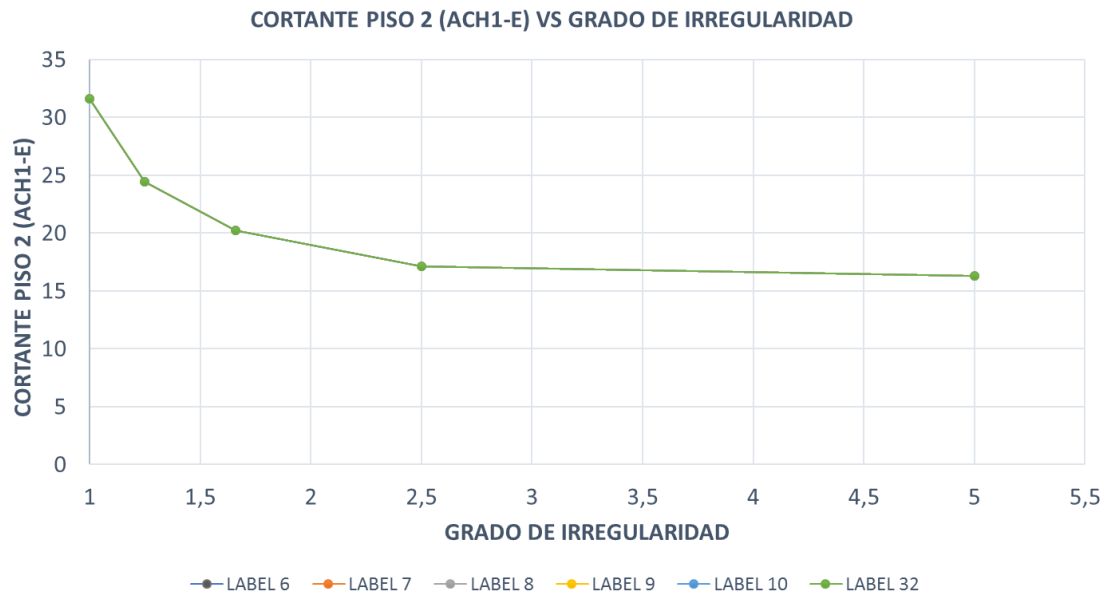


**% NORMALIZADO (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

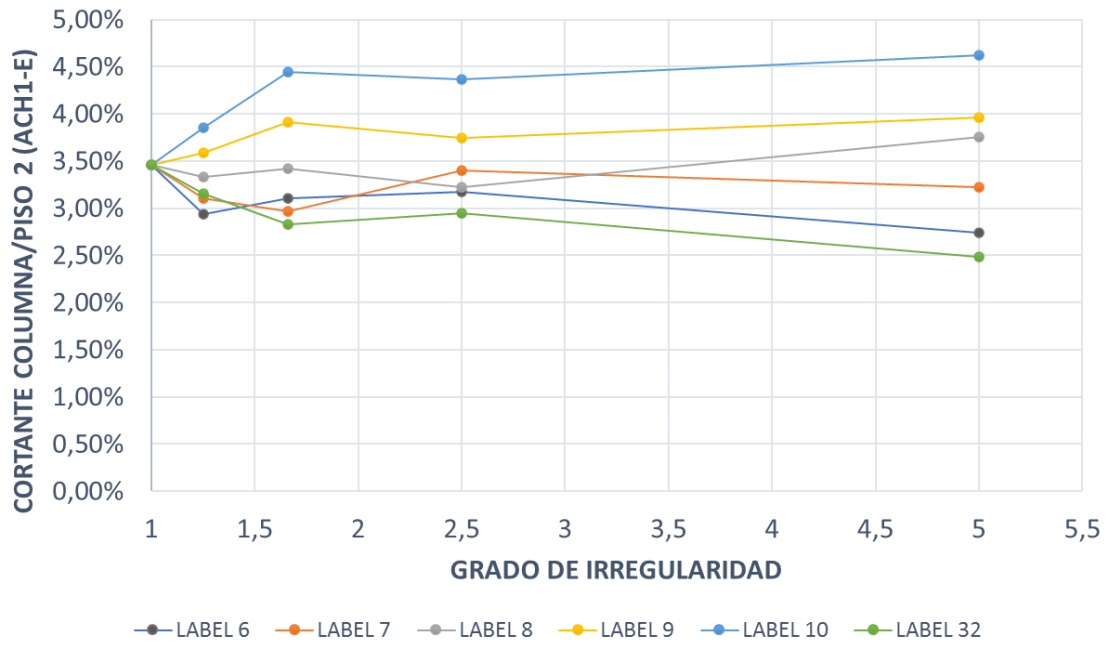


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

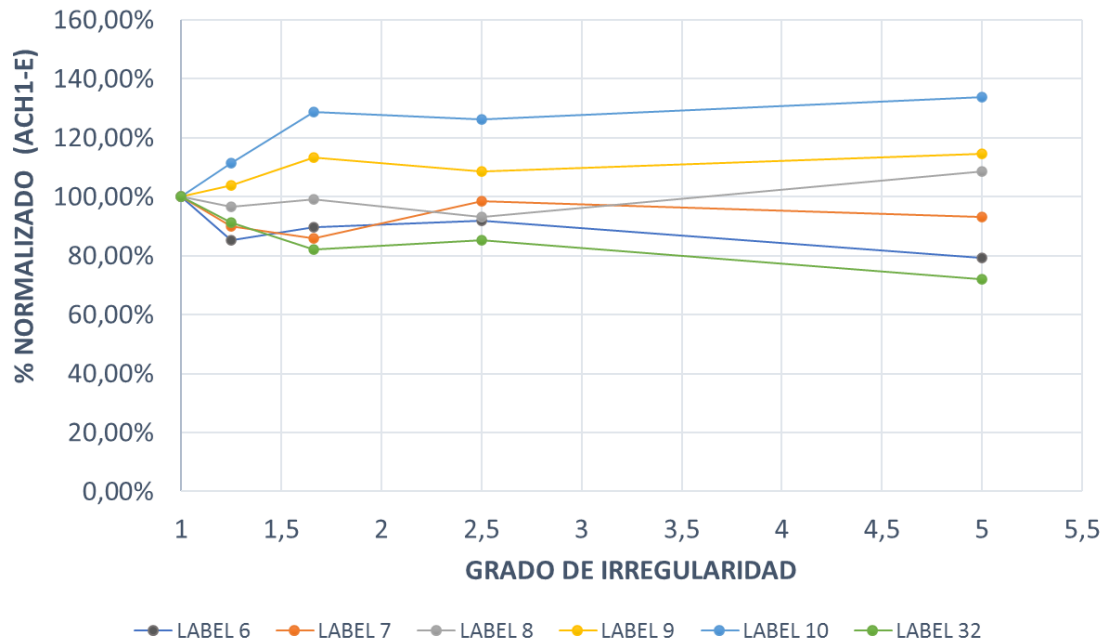
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

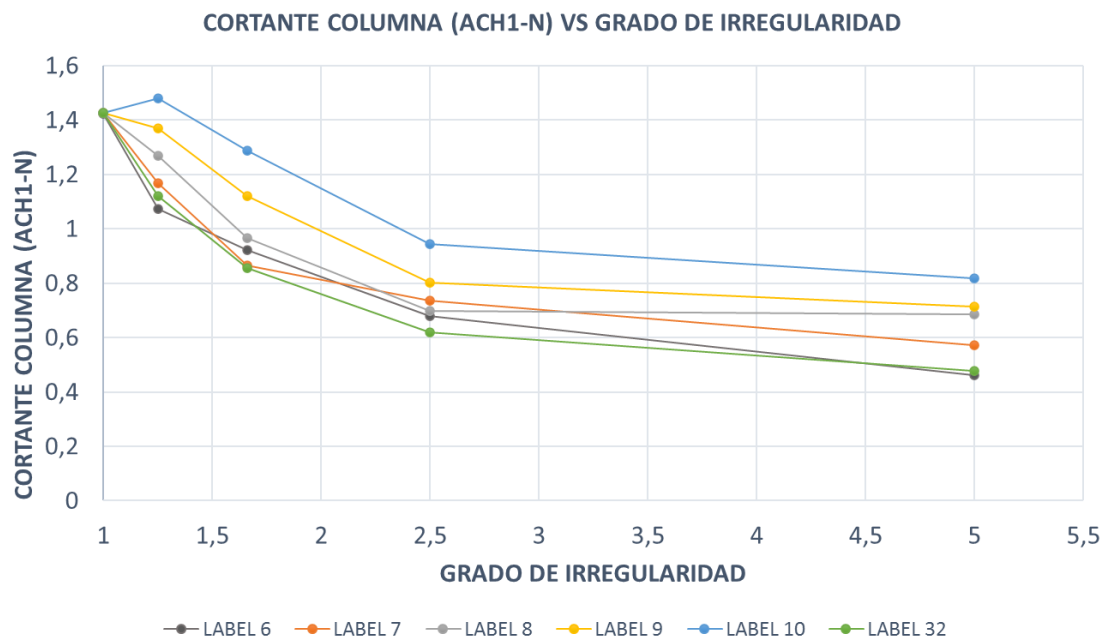
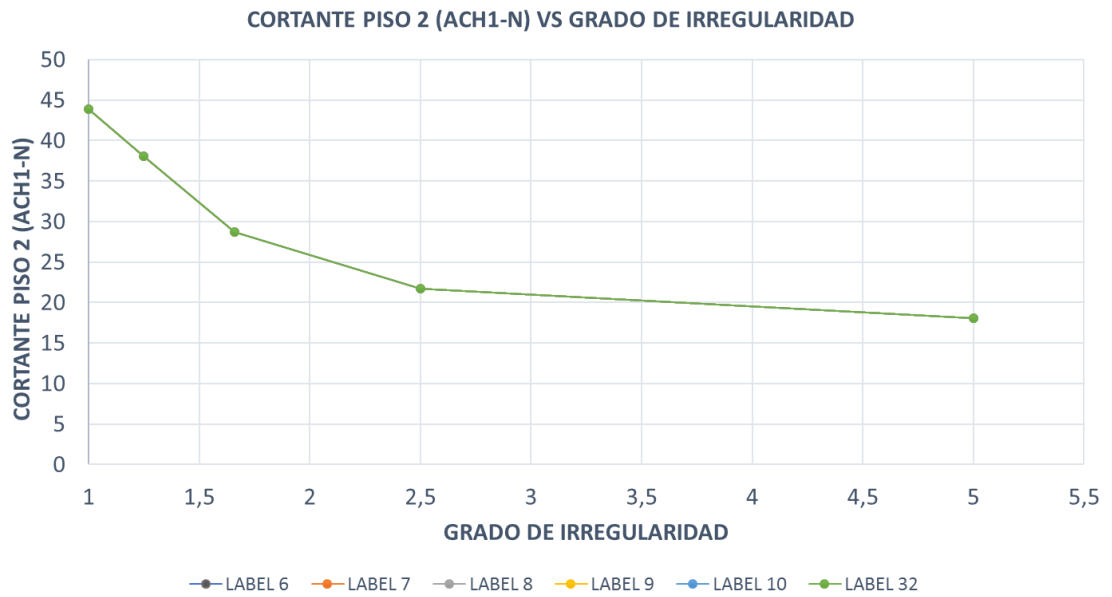


**% NORMALIZADO (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

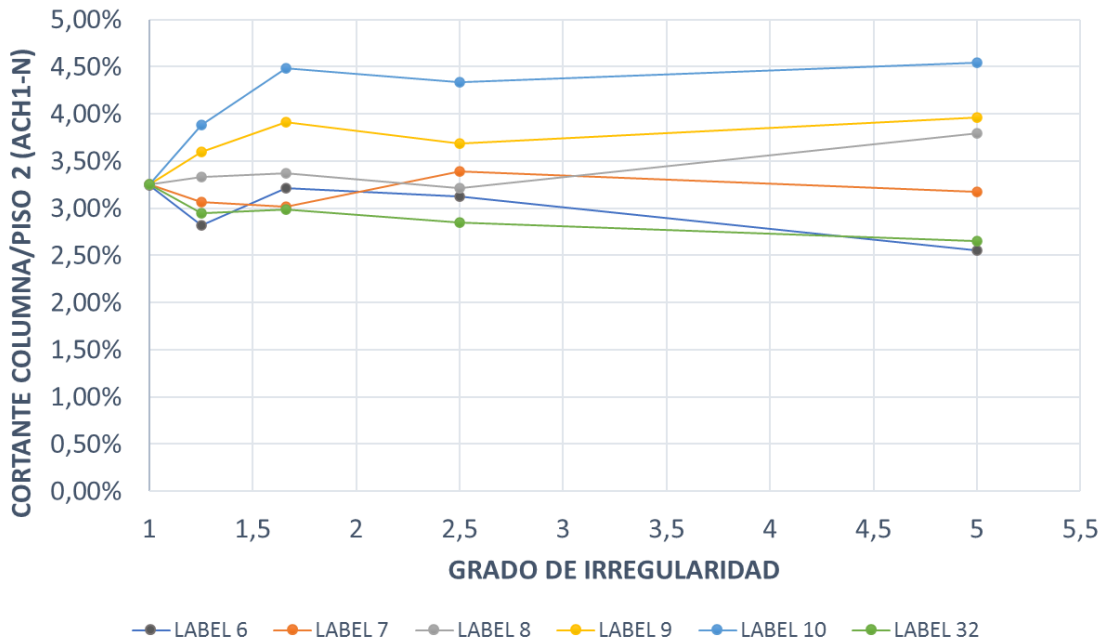


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

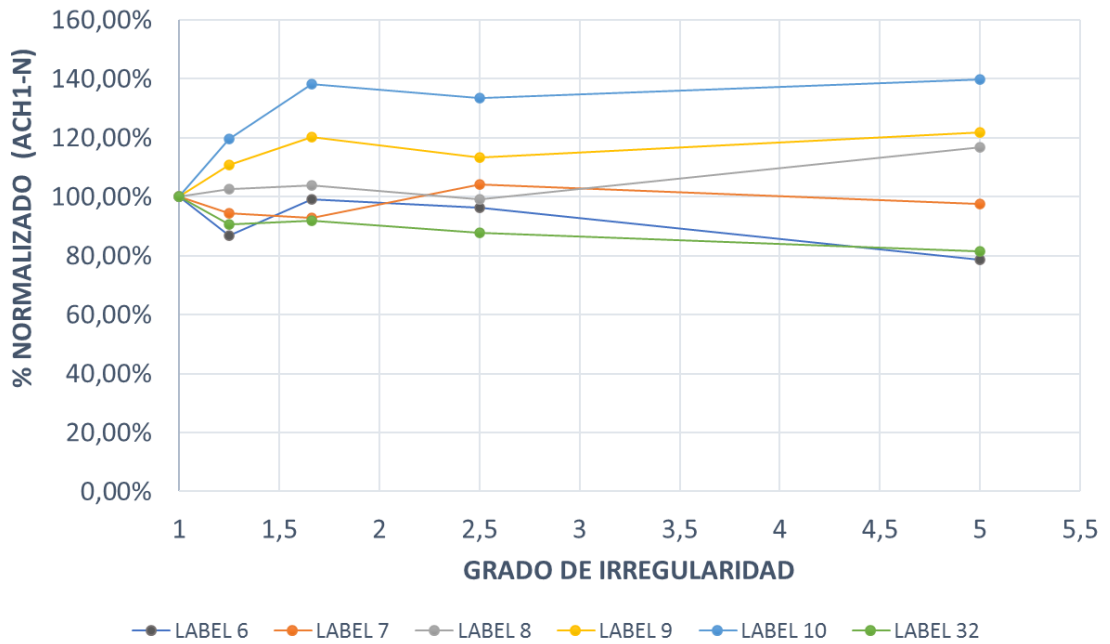
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

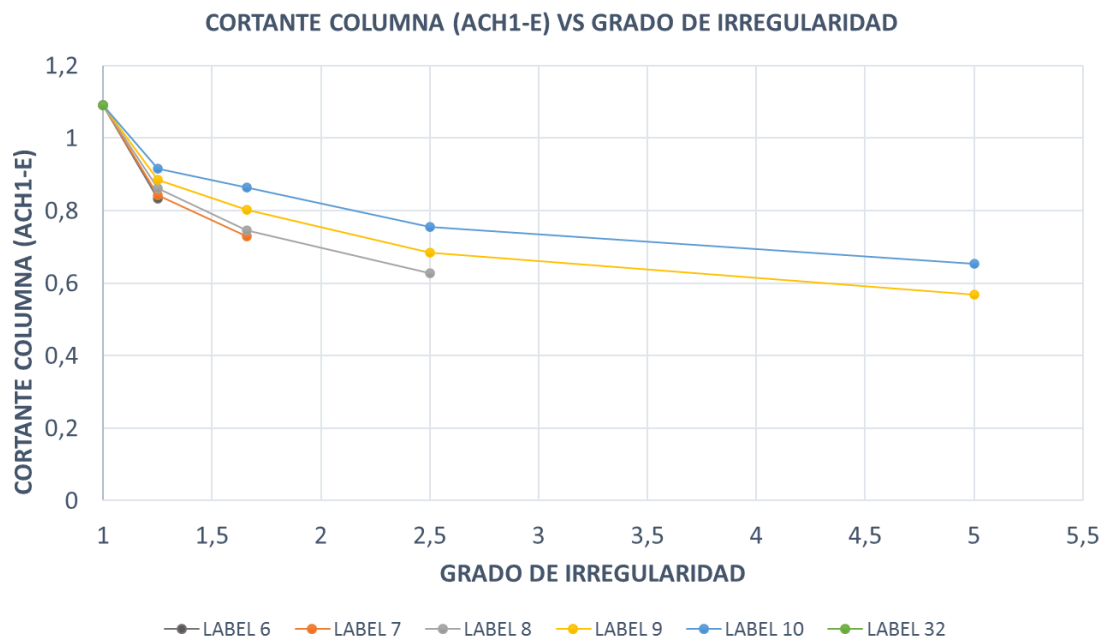
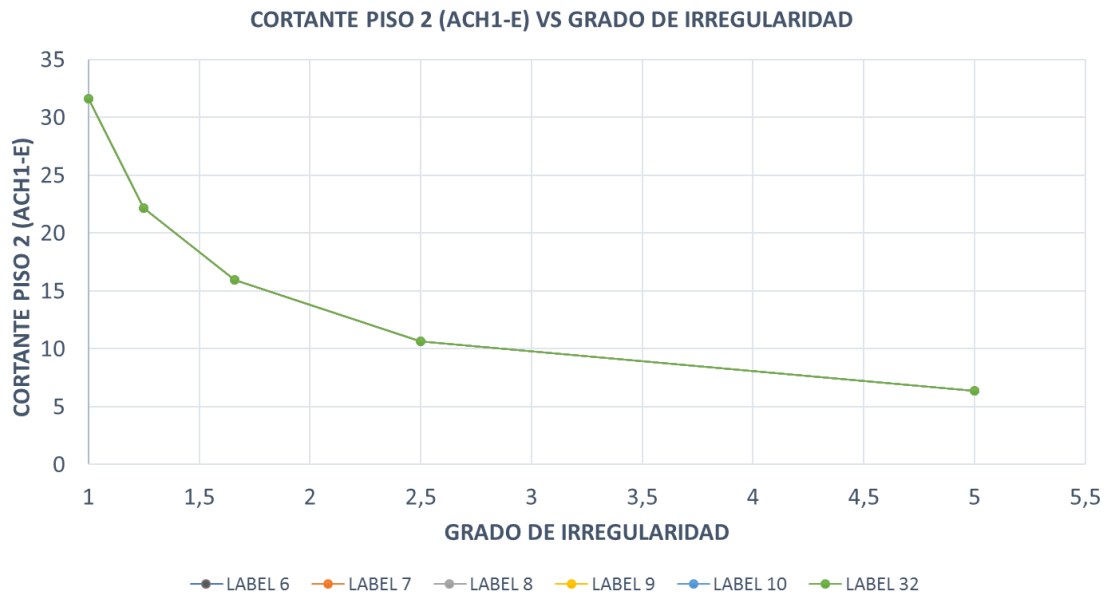


**% NORMALIZADO (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



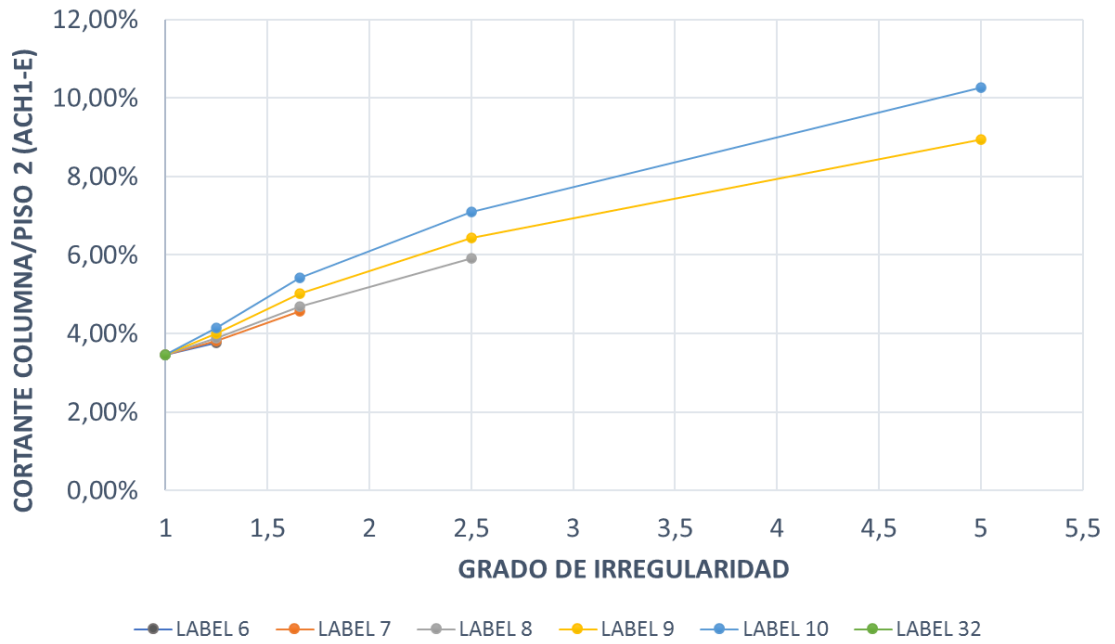
## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

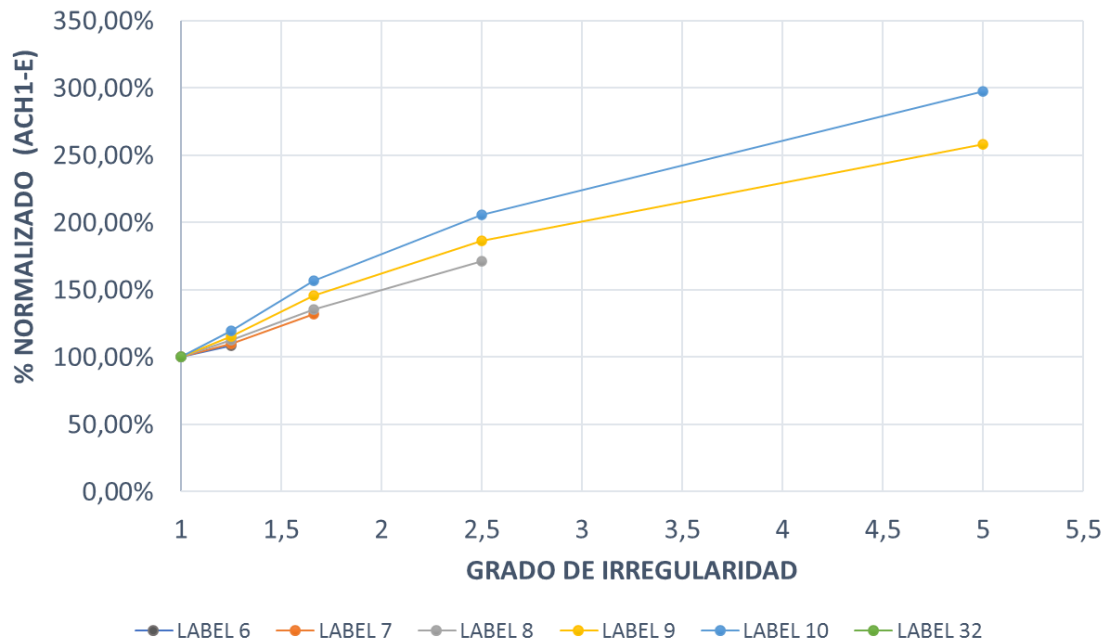




**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

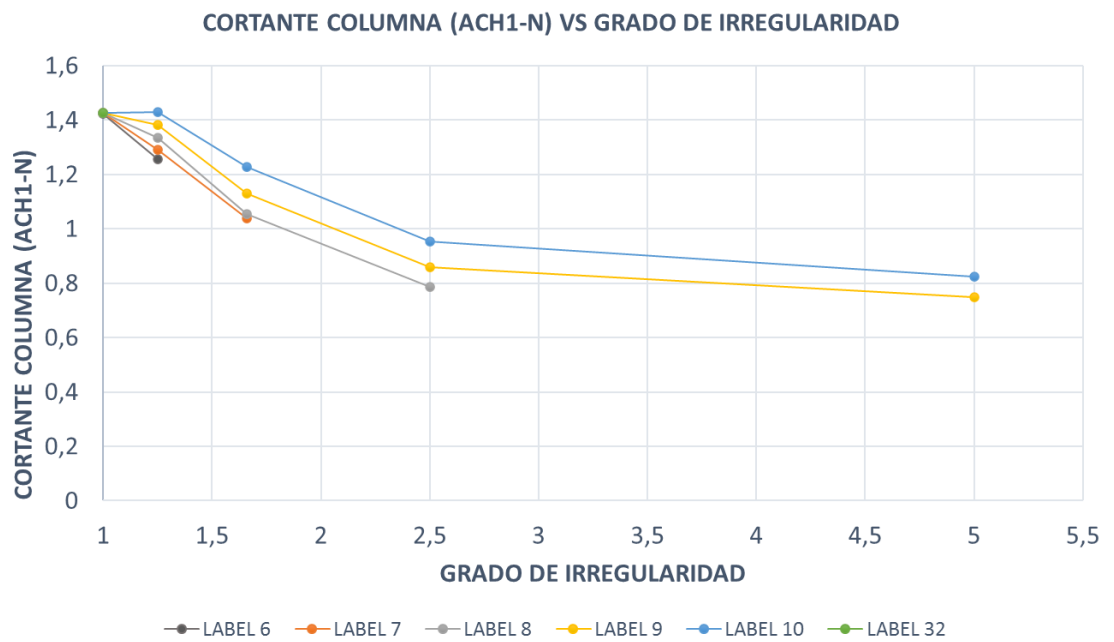
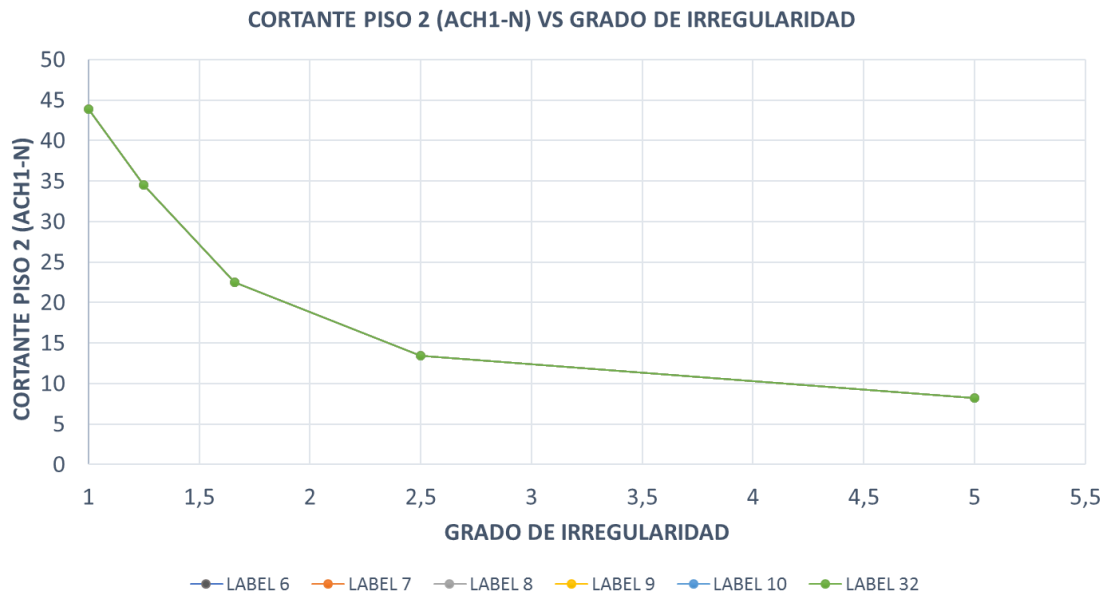


**% NORMALIZADO (ACH1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

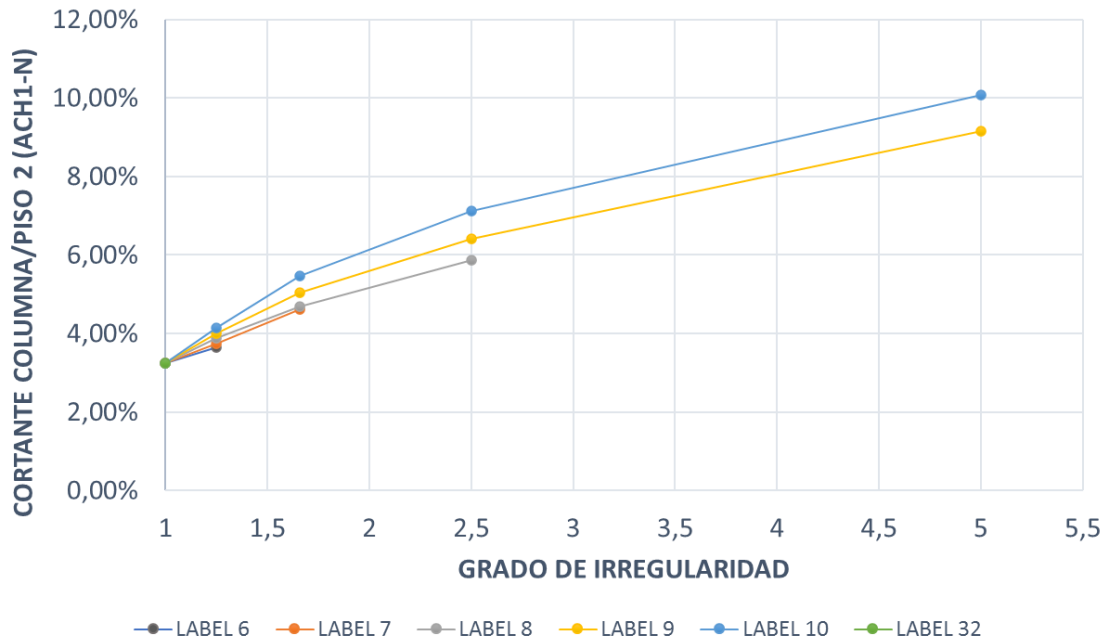


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

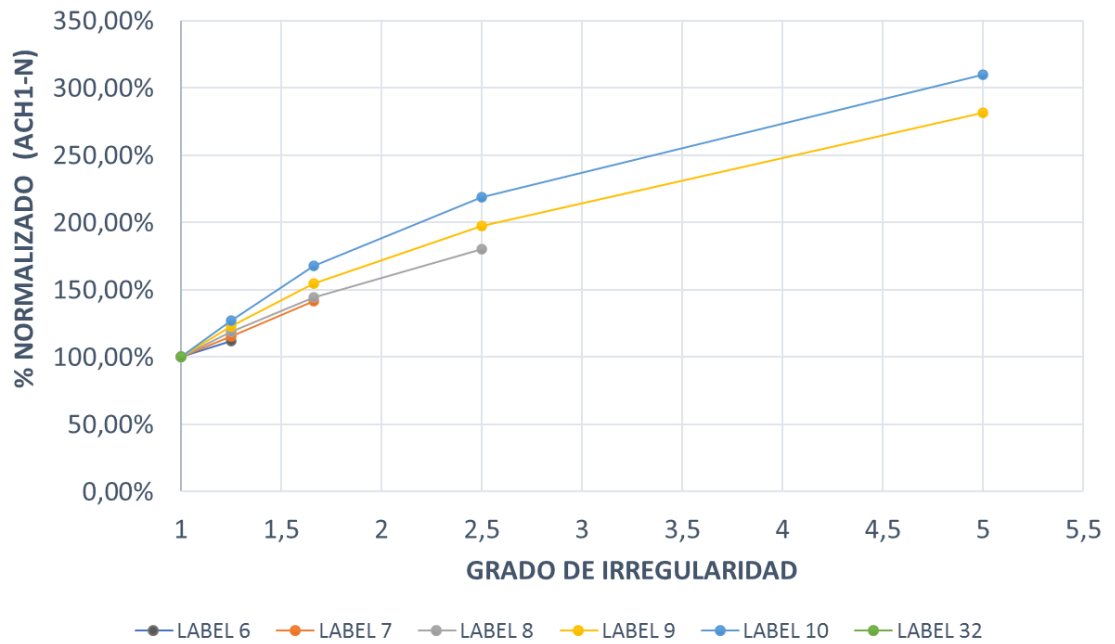
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



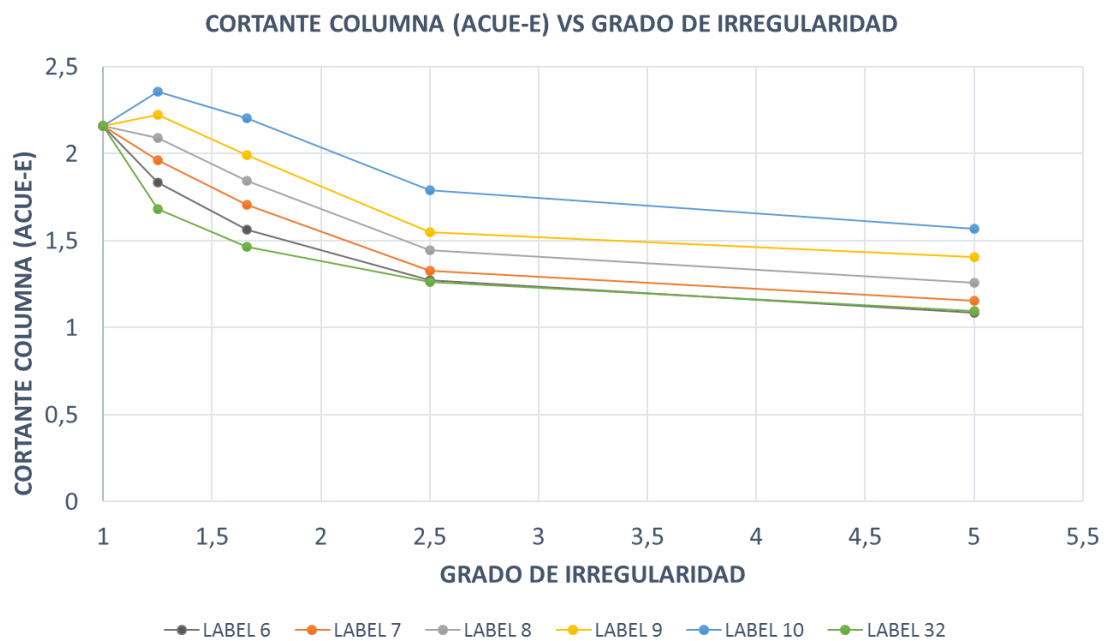
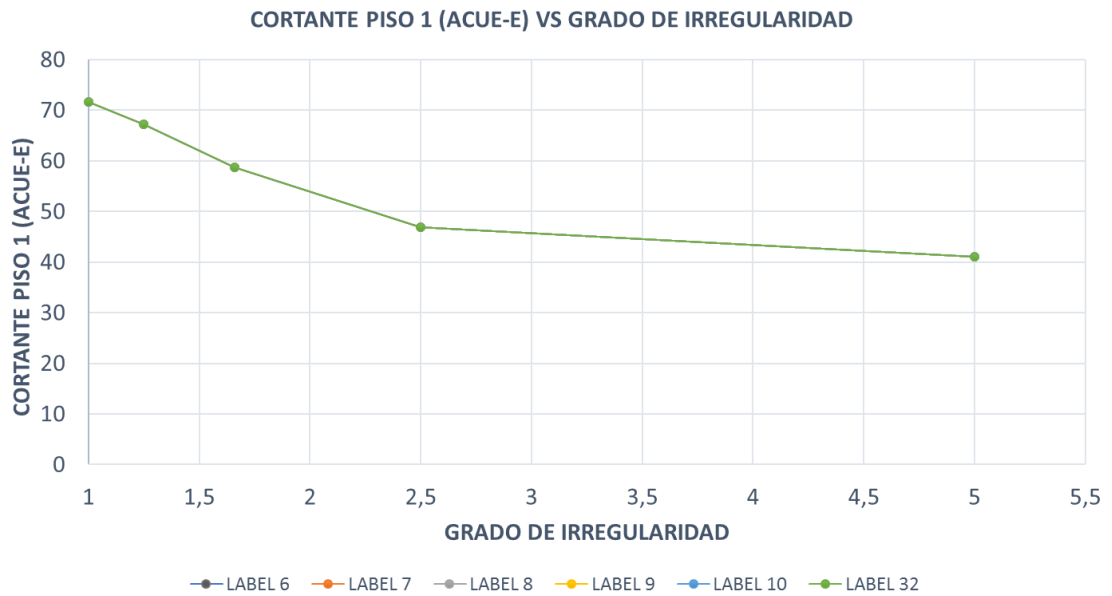
**% NORMALIZADO (ACH1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



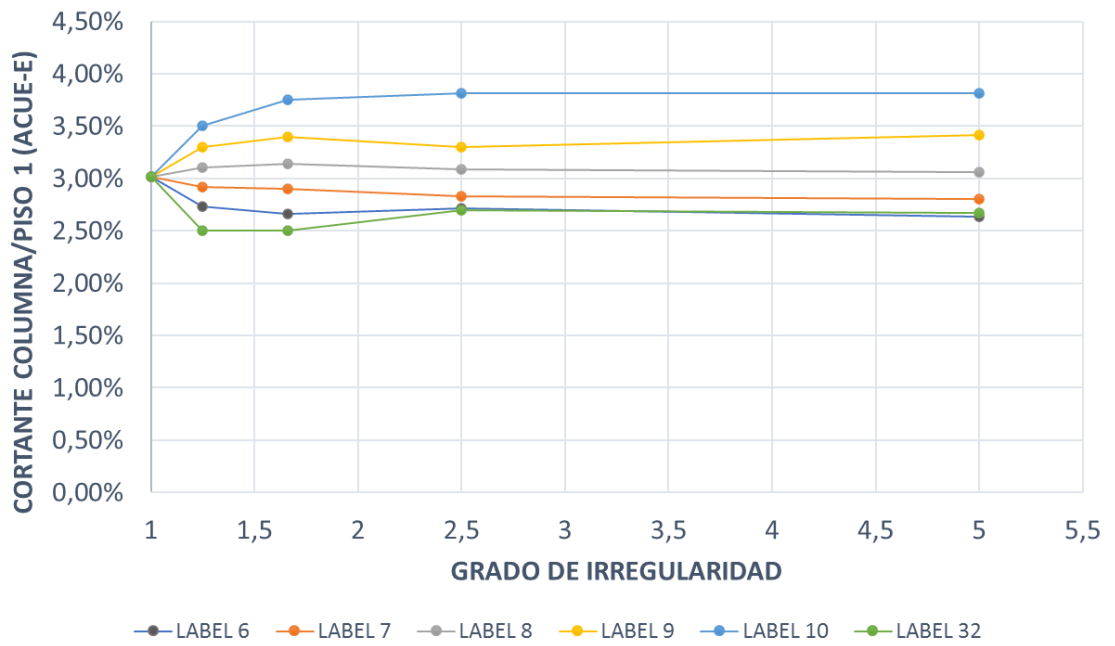
# ESTACIÓN ACUE

## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

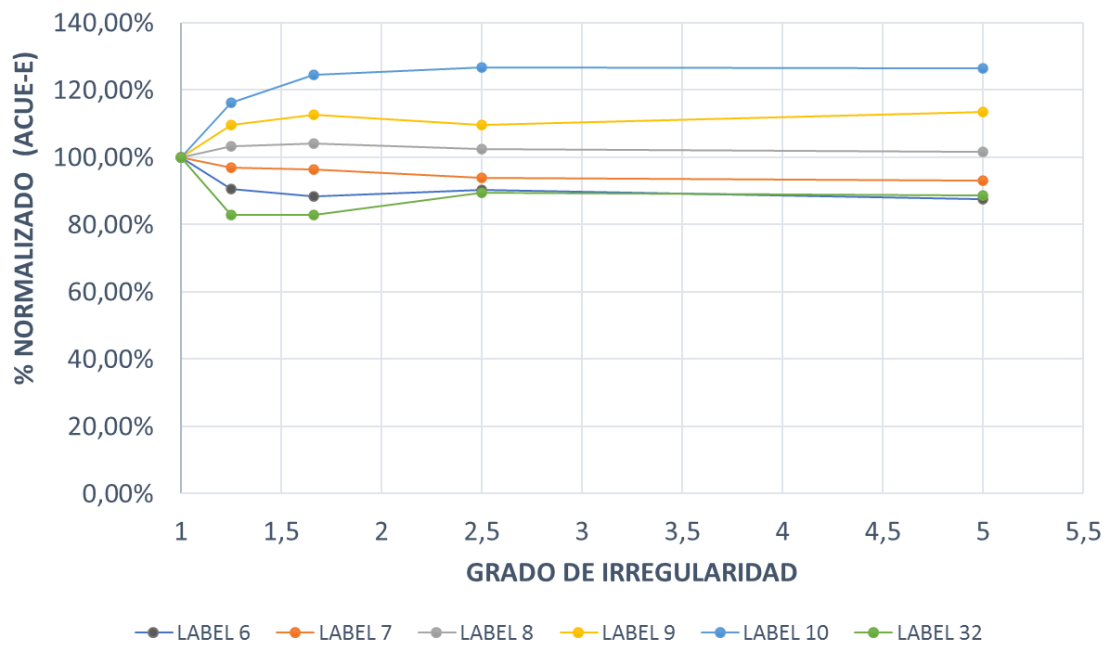
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

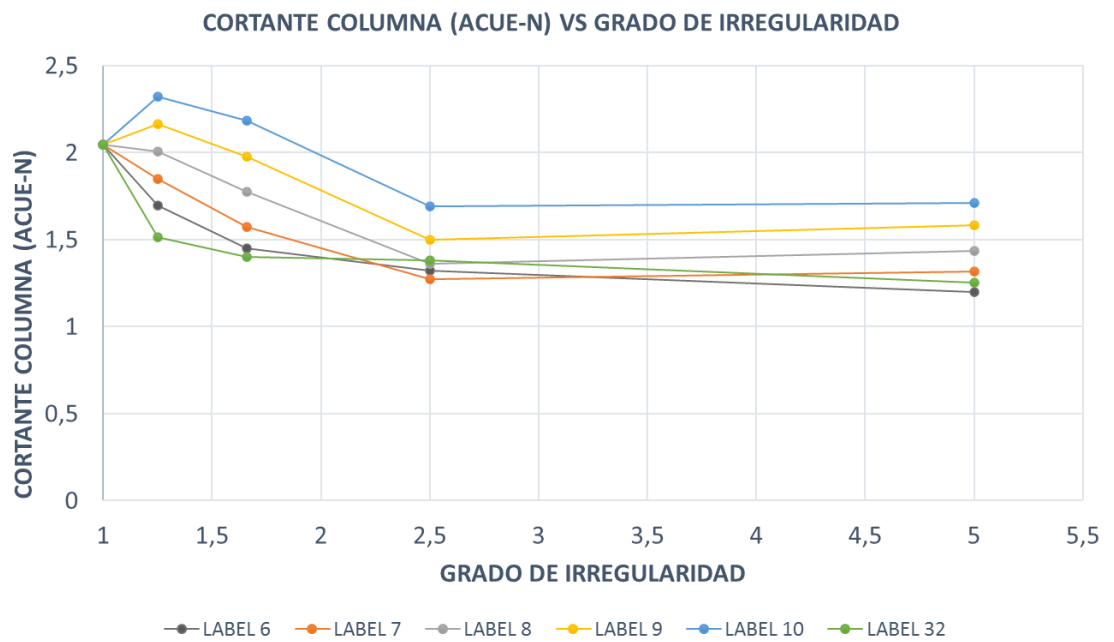
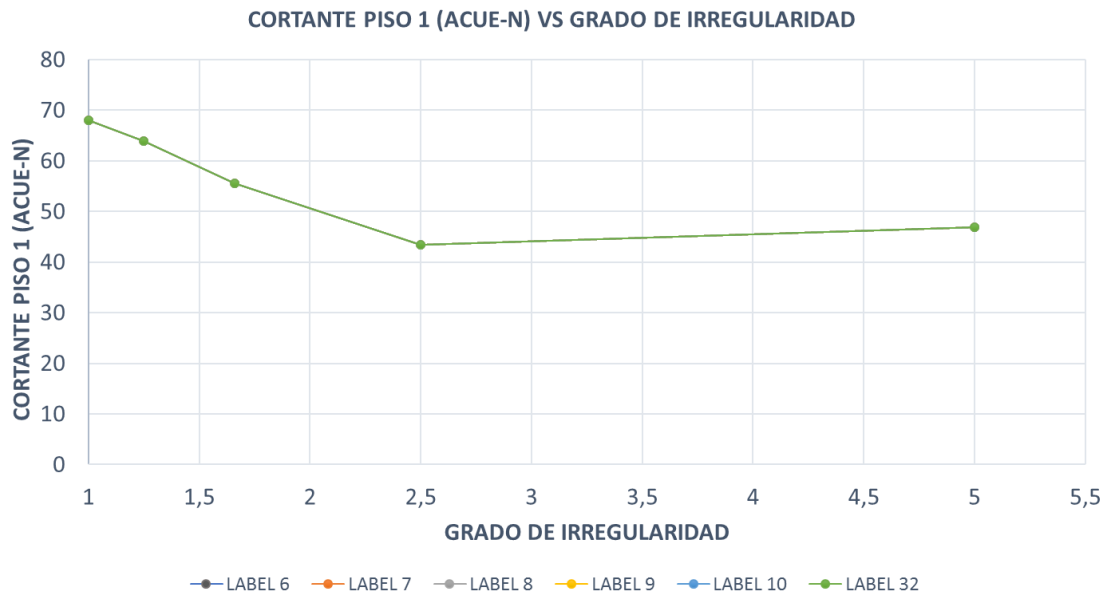


**% NORMALIZADO (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

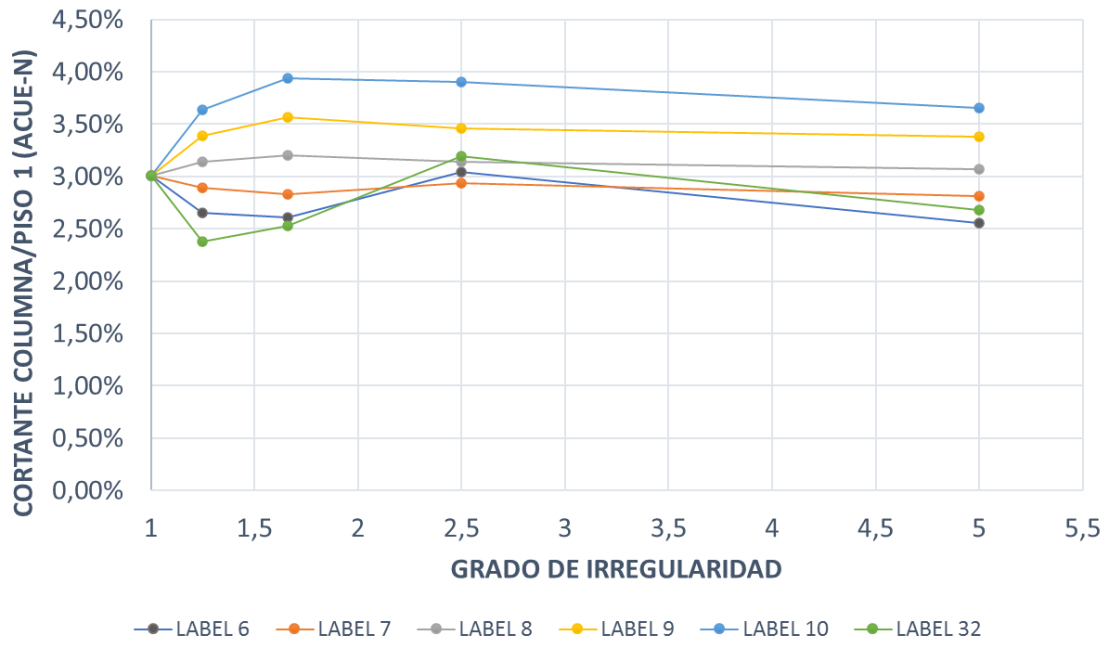


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

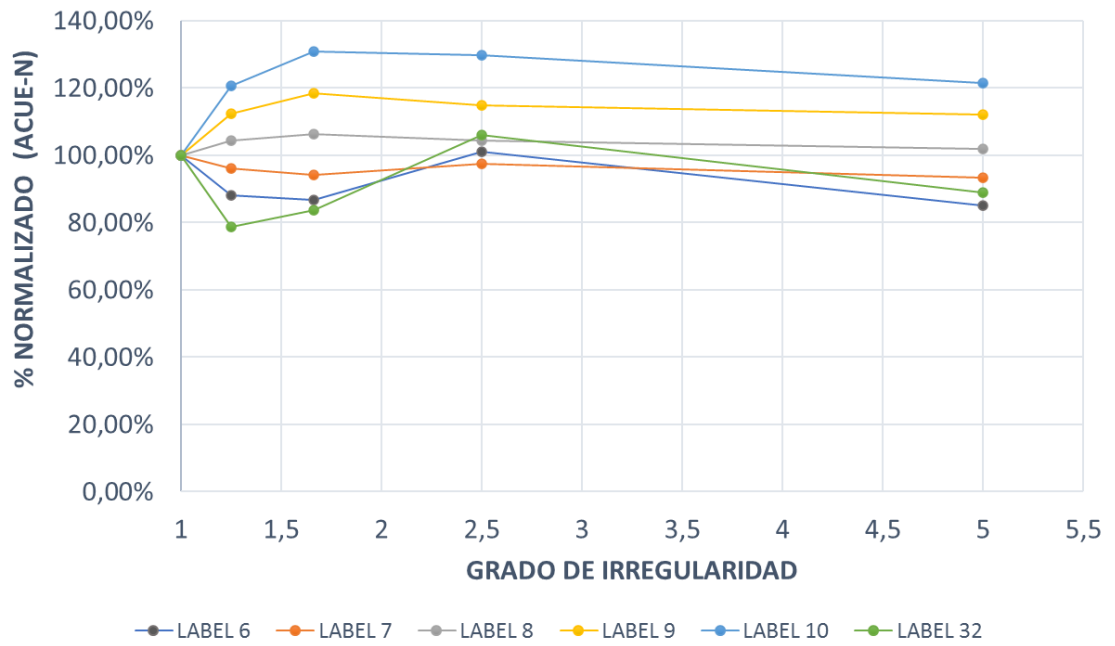
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

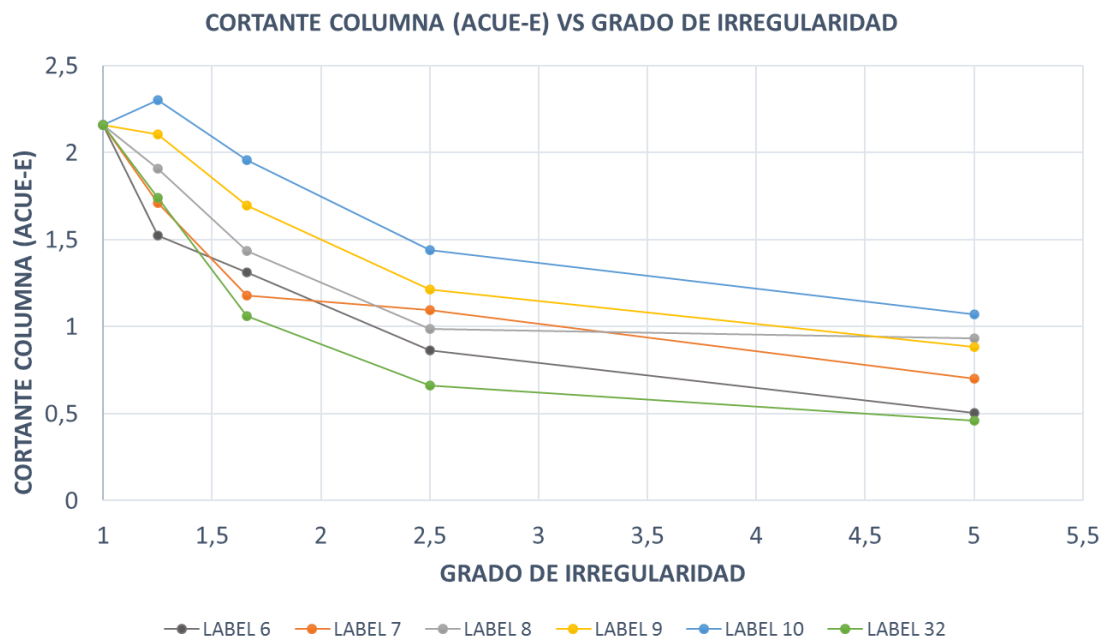
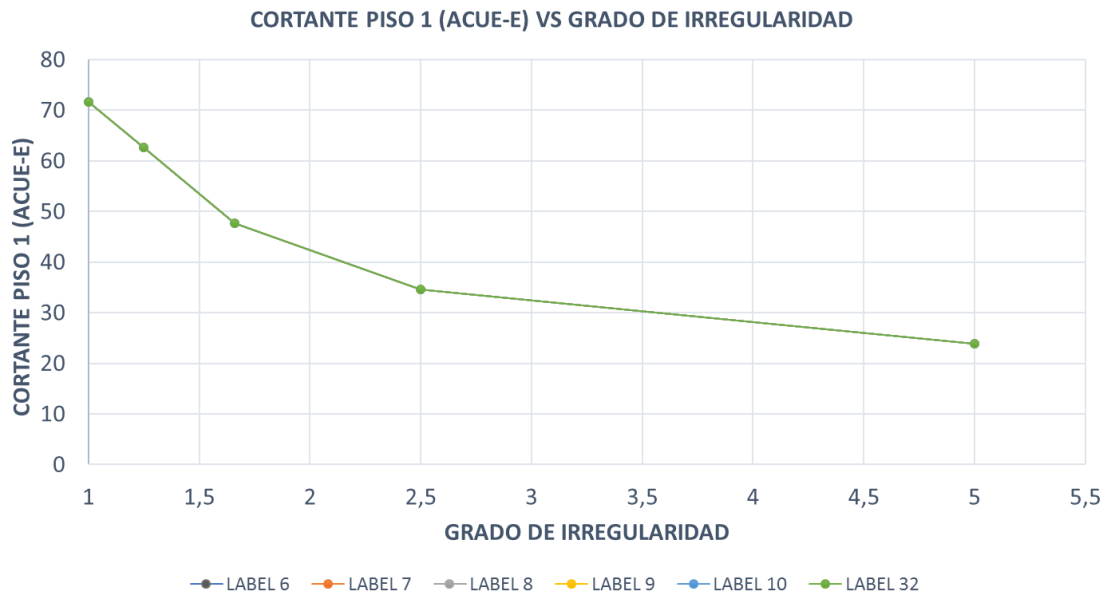


**% NORMALIZADO (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



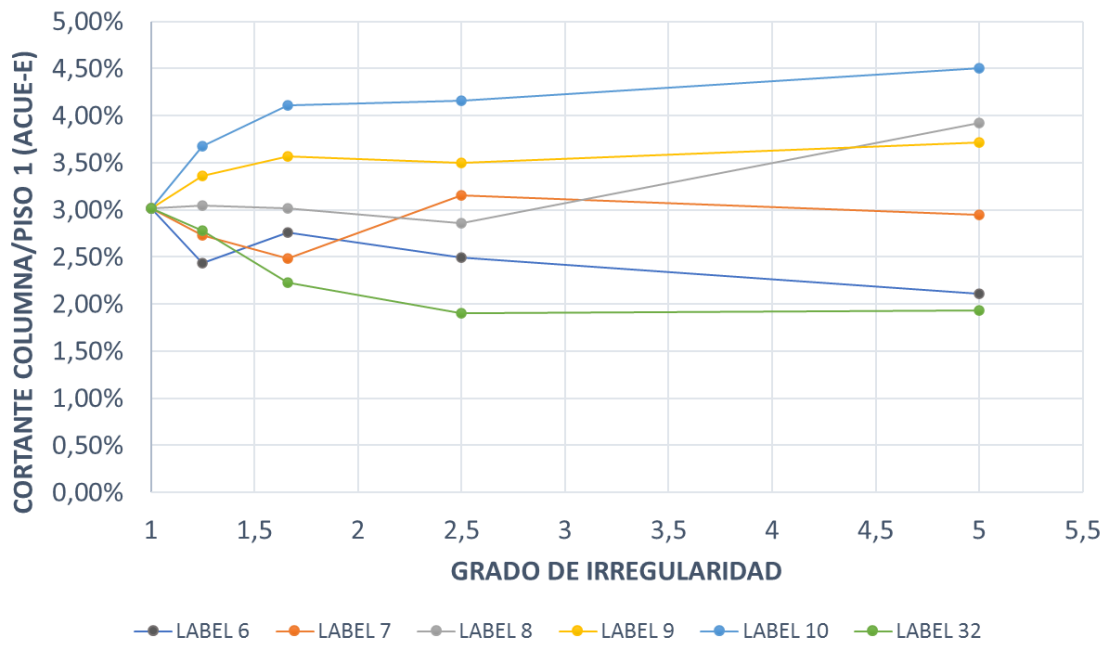
## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

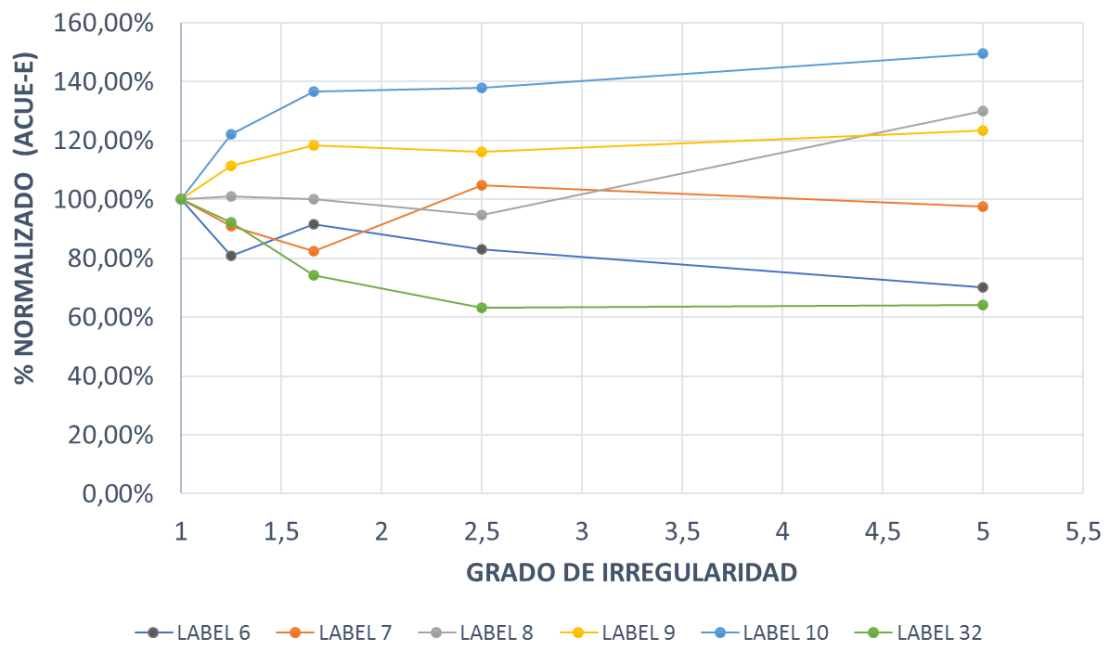




**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

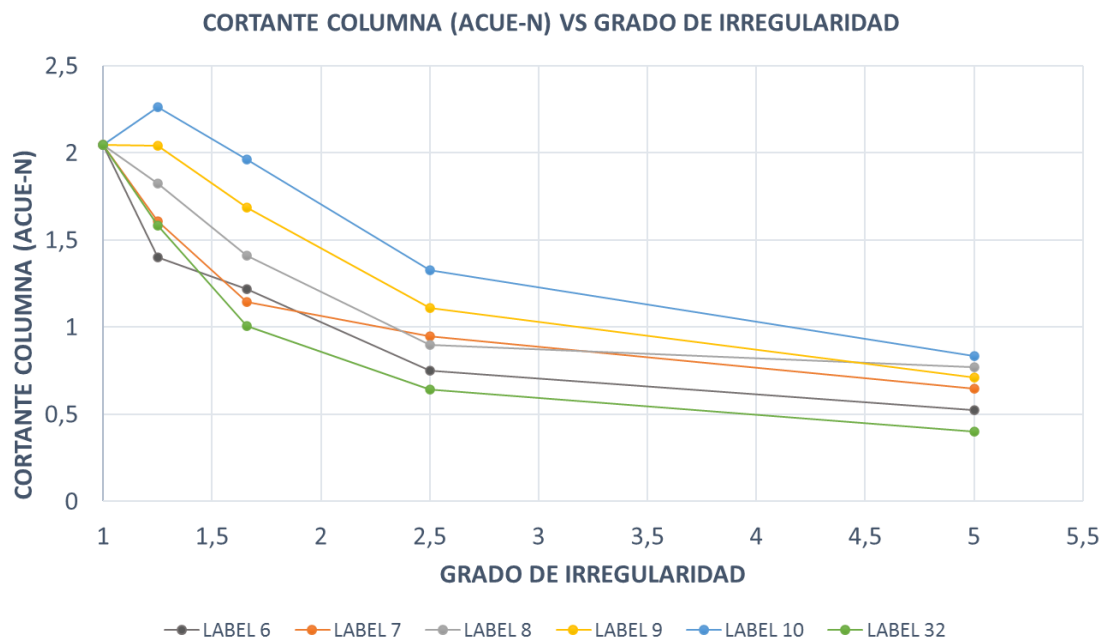
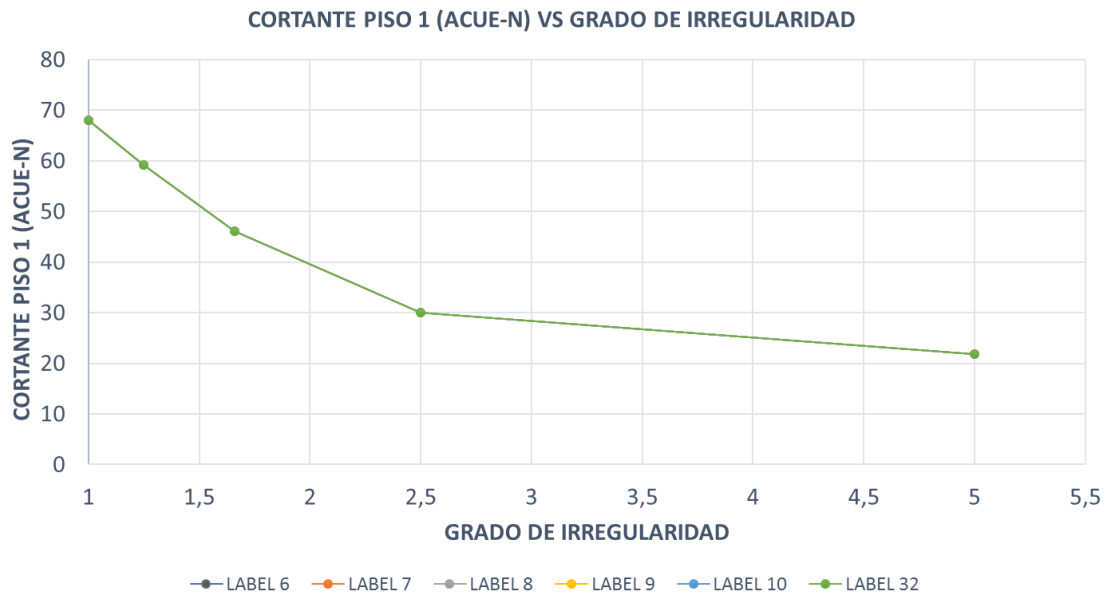


**% NORMALIZADO (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

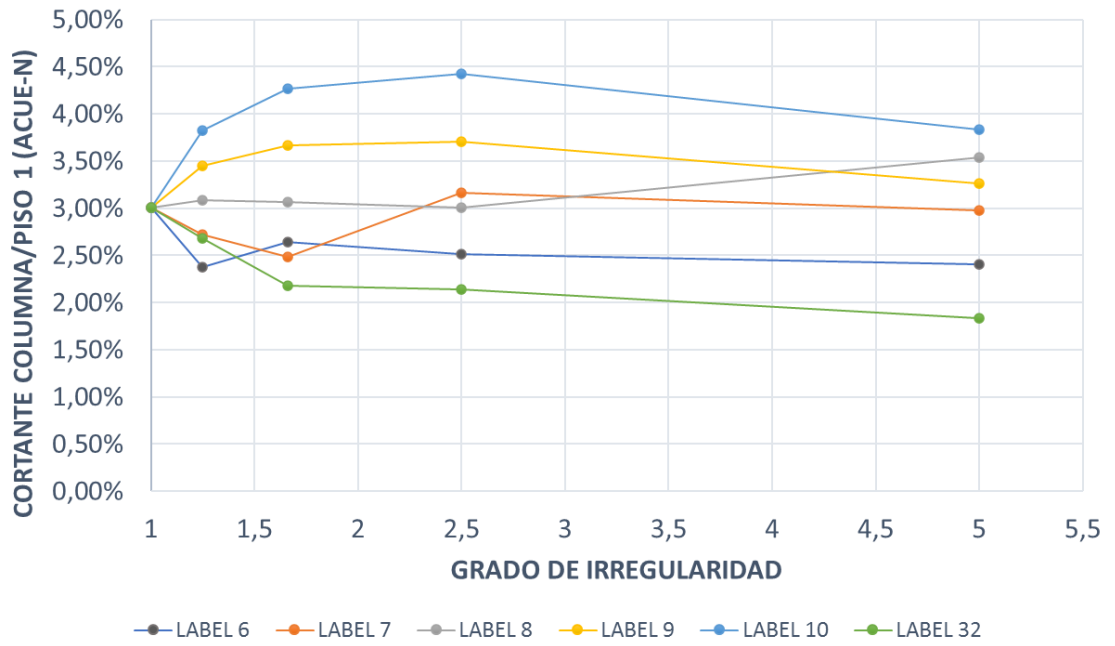


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

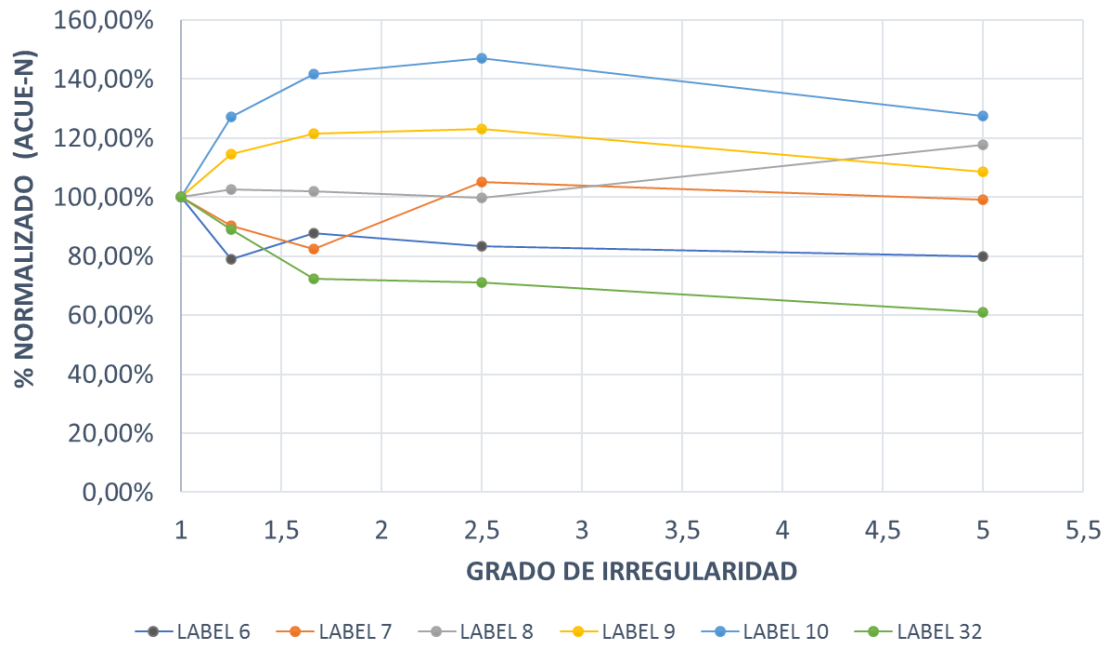
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

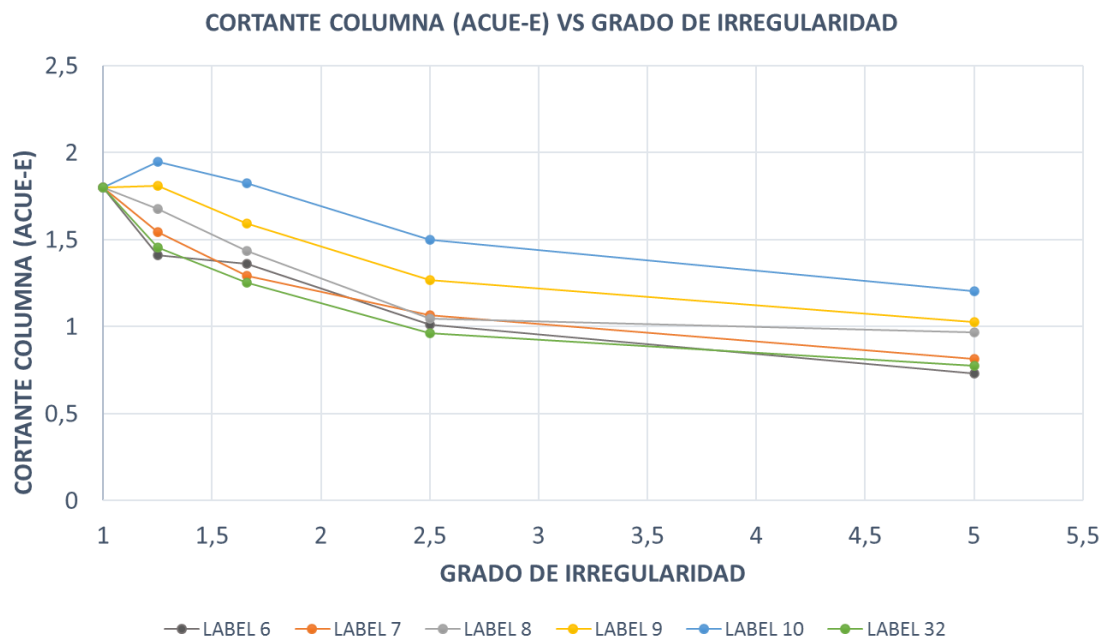
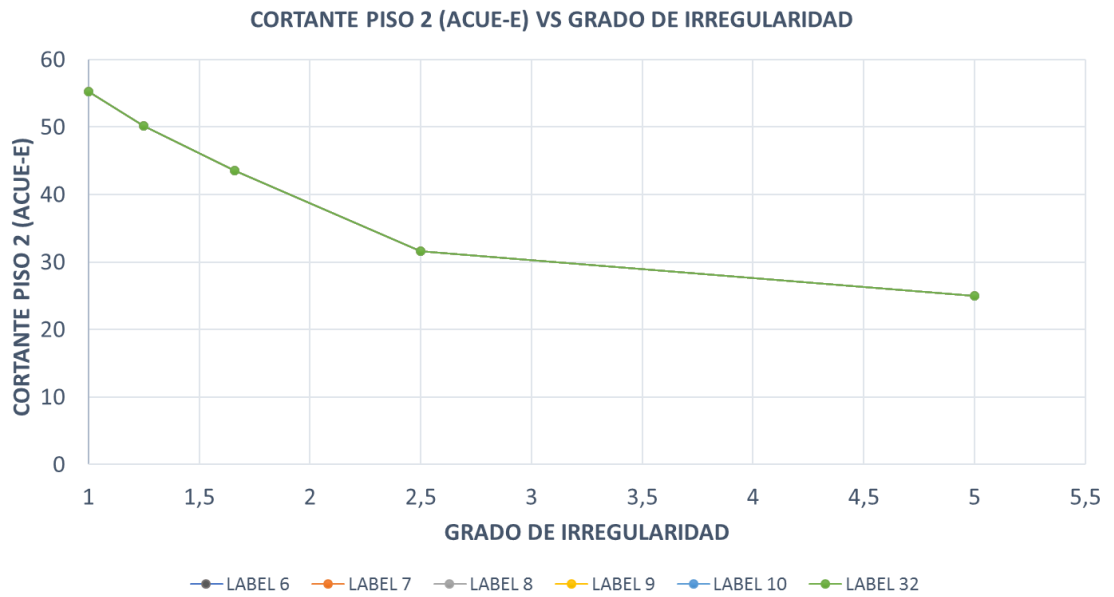


**% NORMALIZADO (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

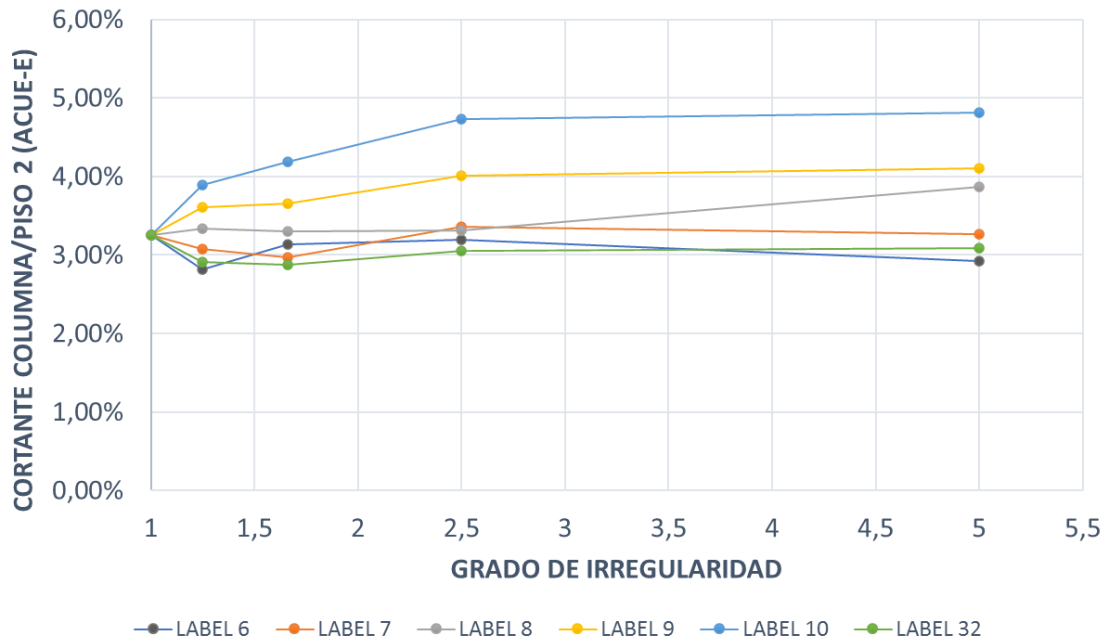


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

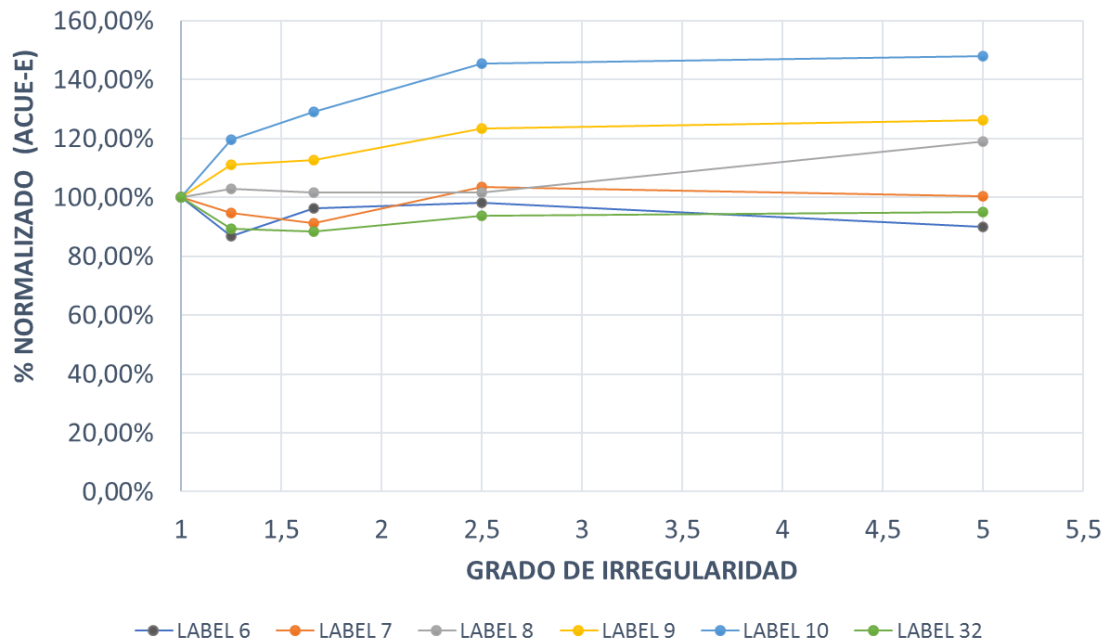
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

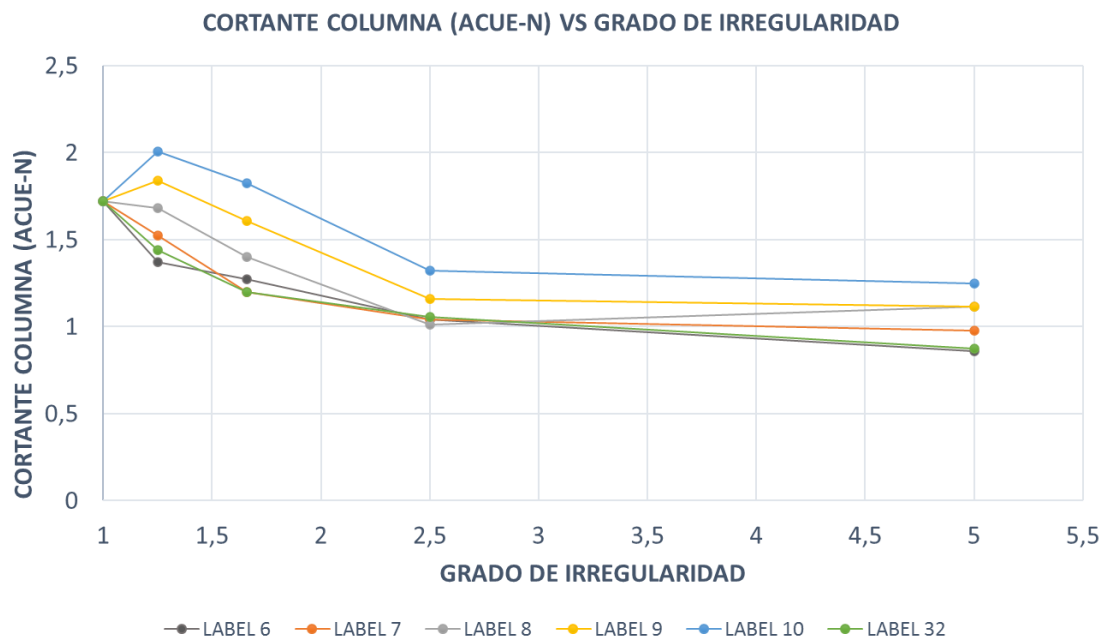
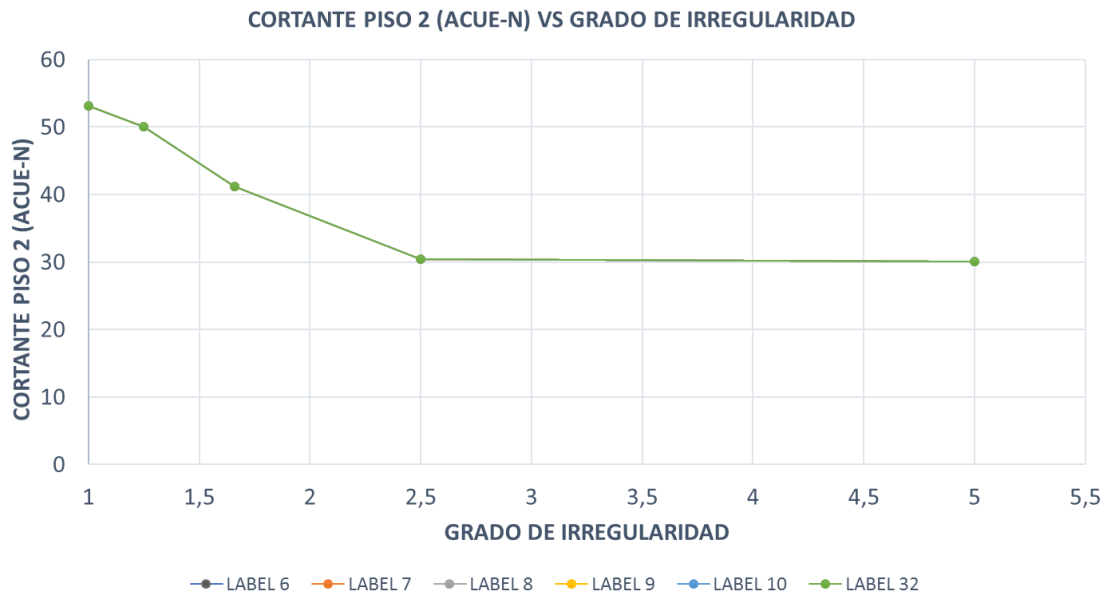


**% NORMALIZADO (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

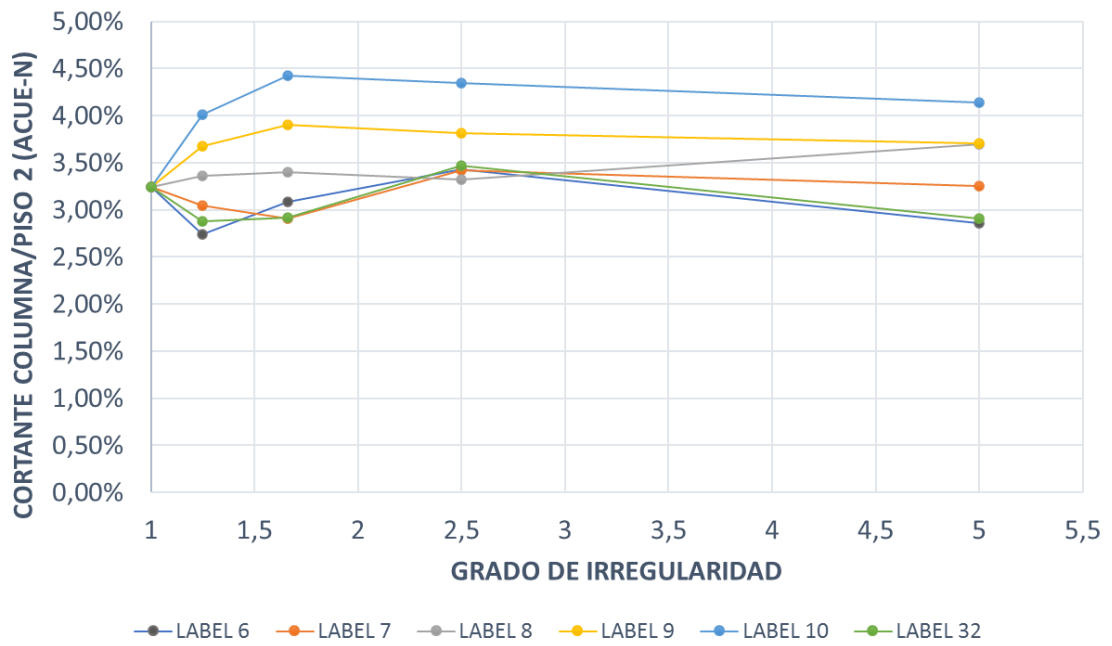


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

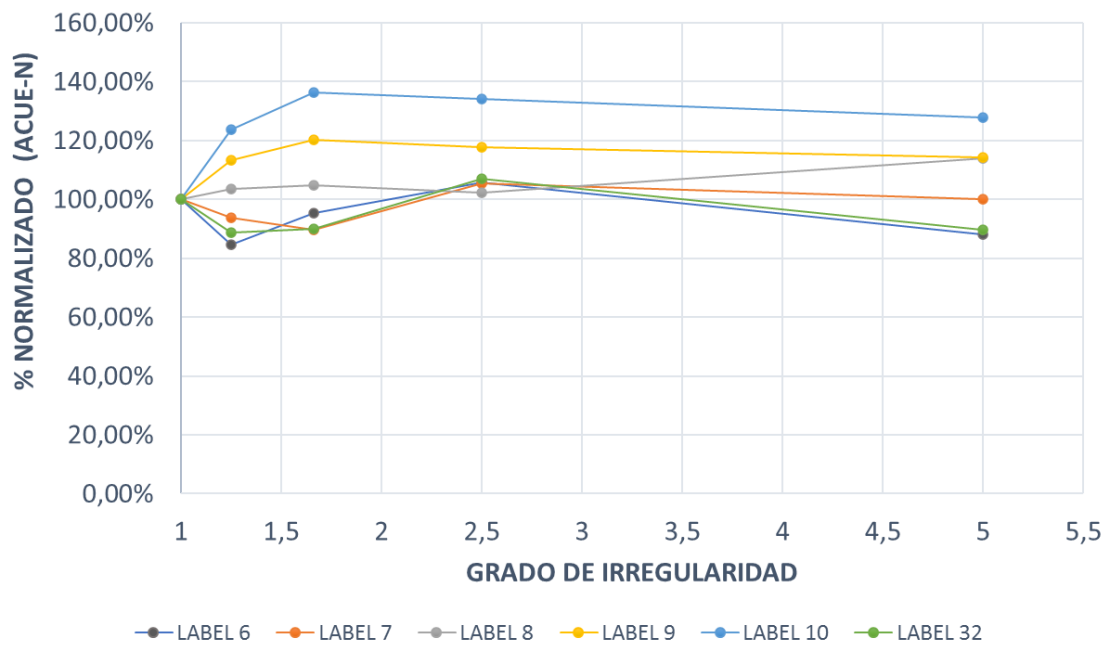
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

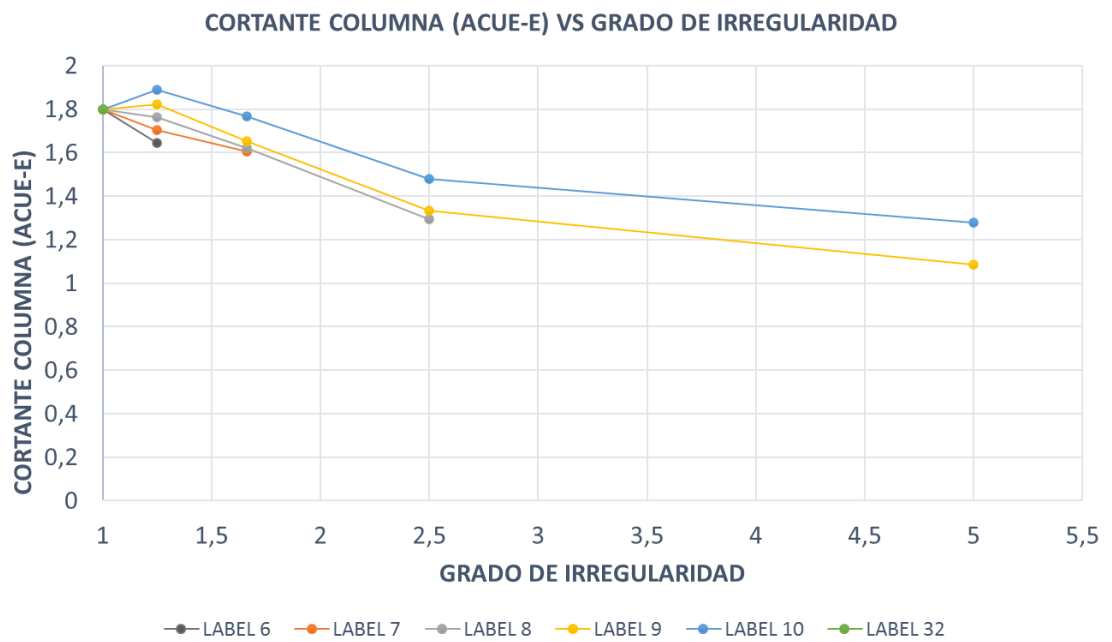
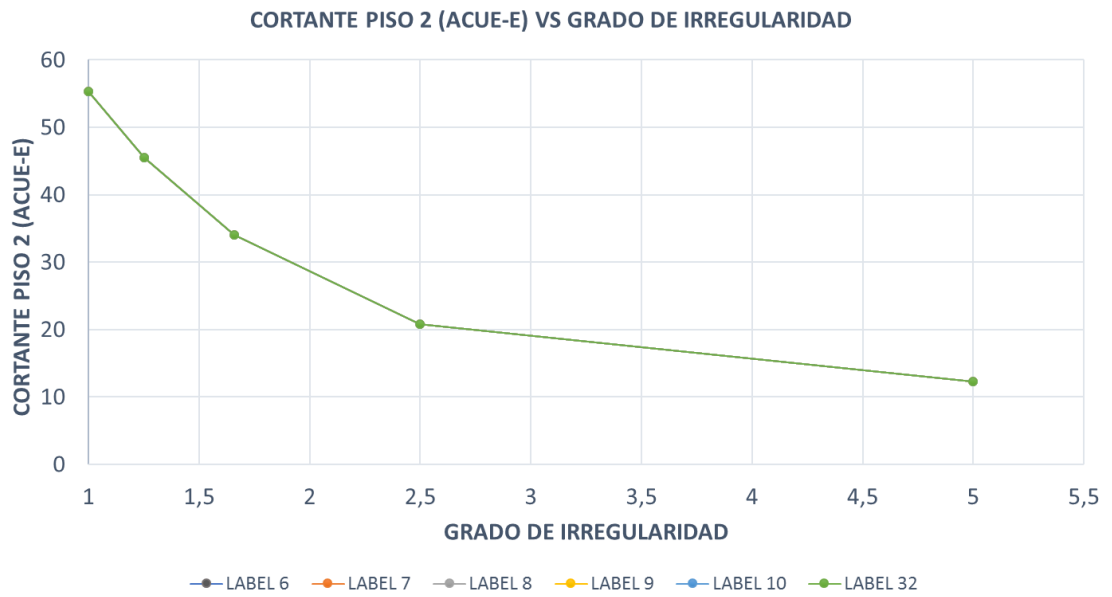


**% NORMALIZADO (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



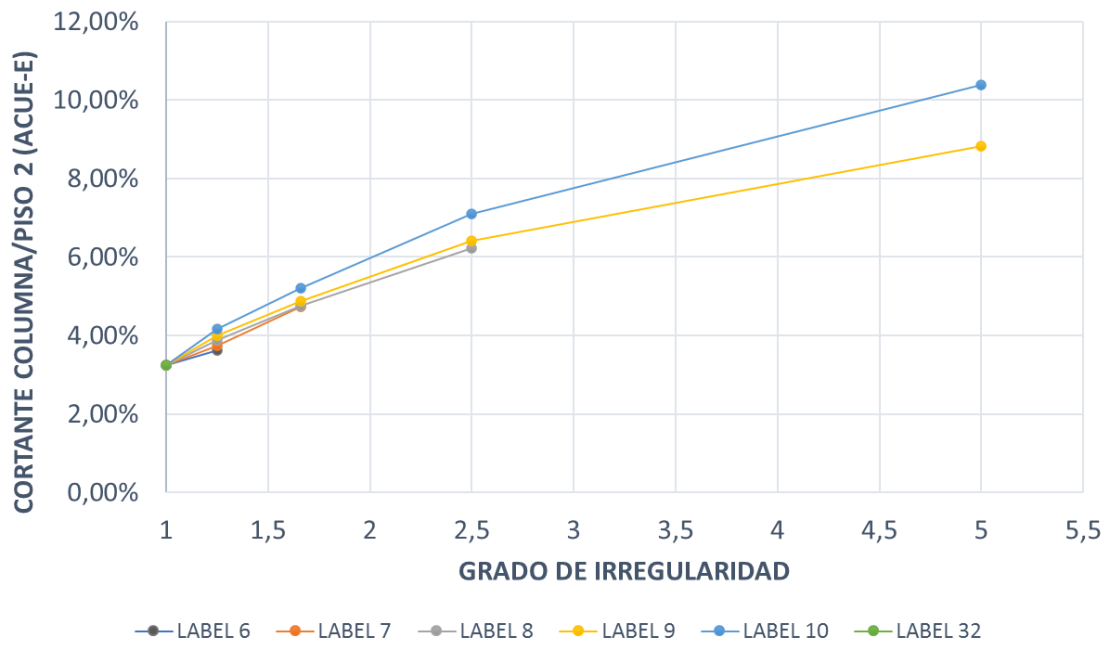
## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

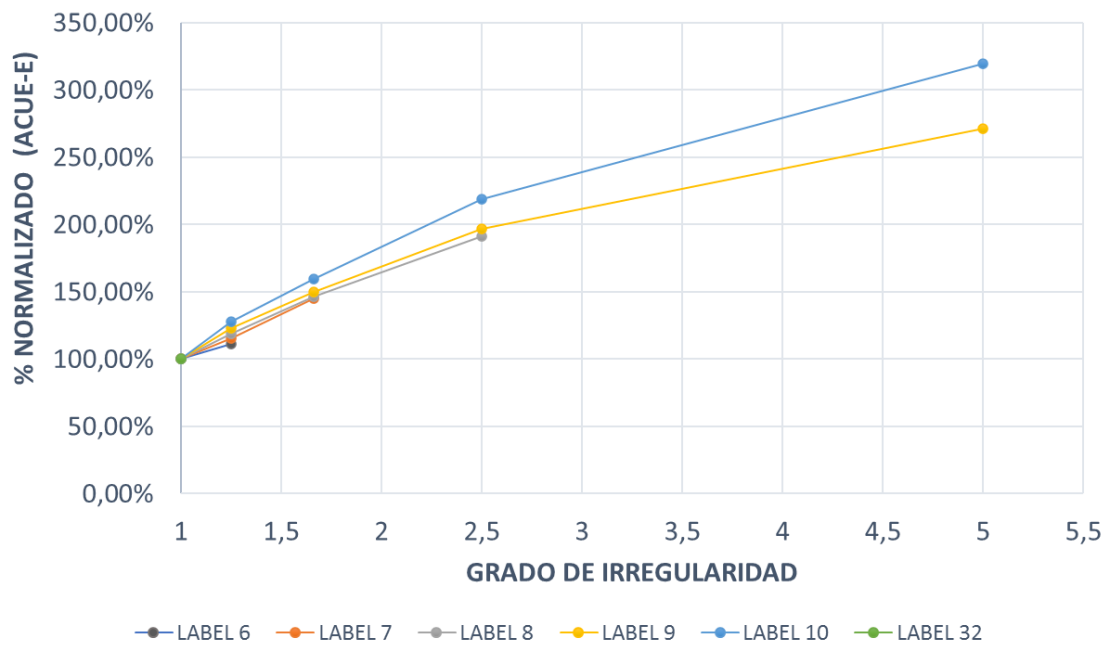




**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

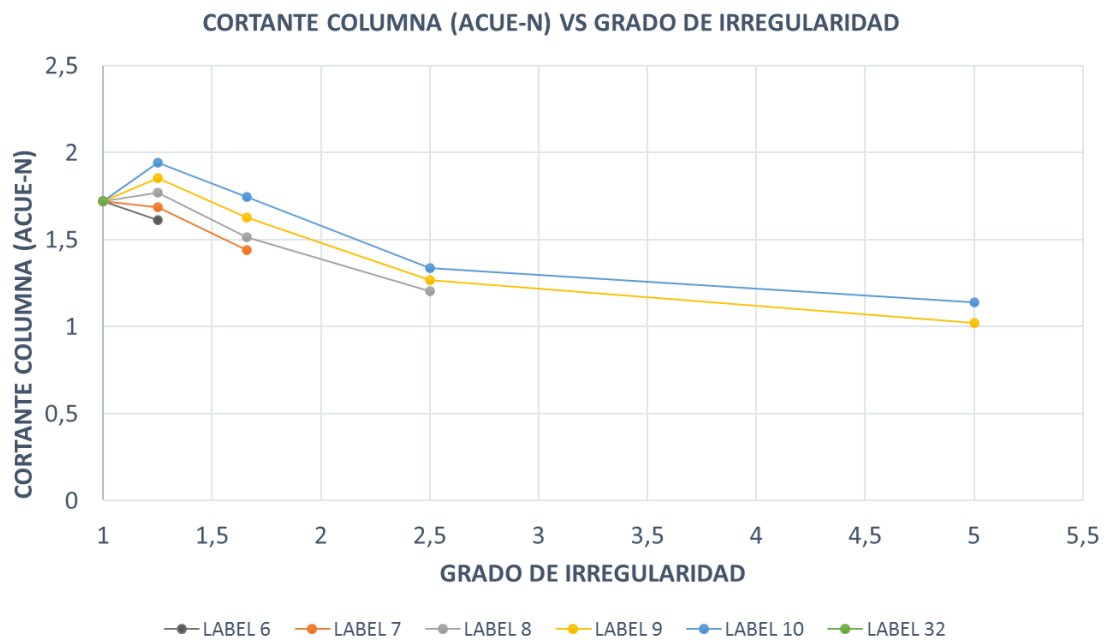
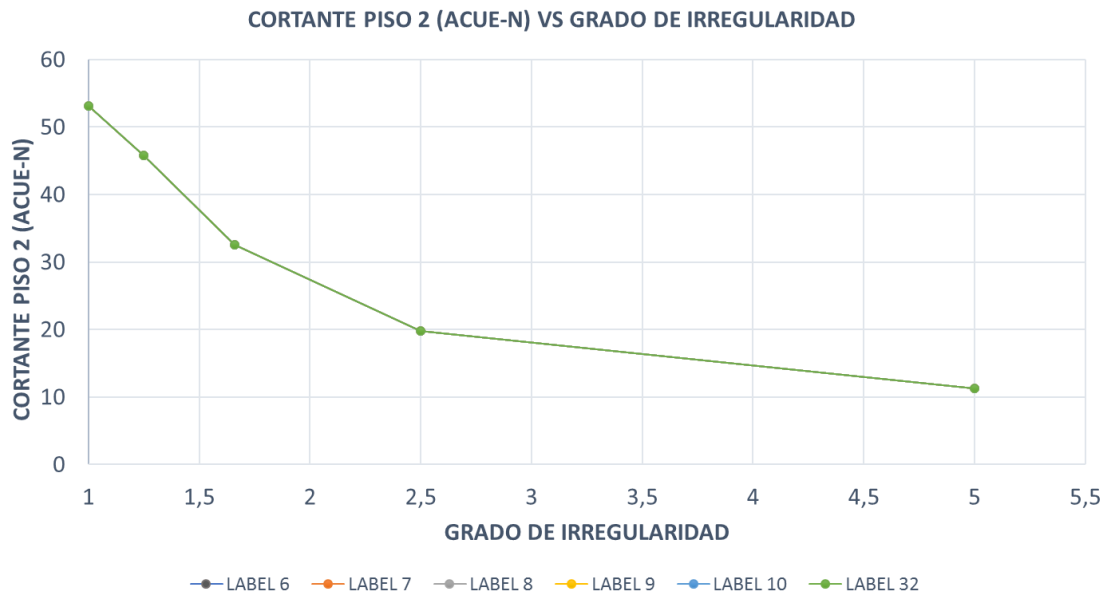


**% NORMALIZADO (ACUE-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

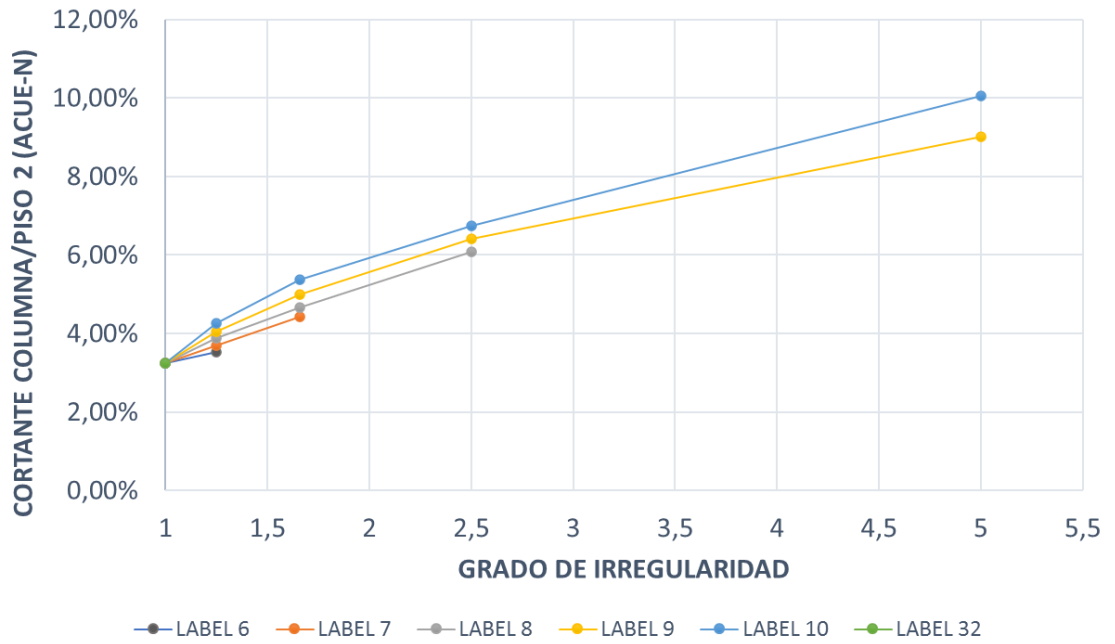


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

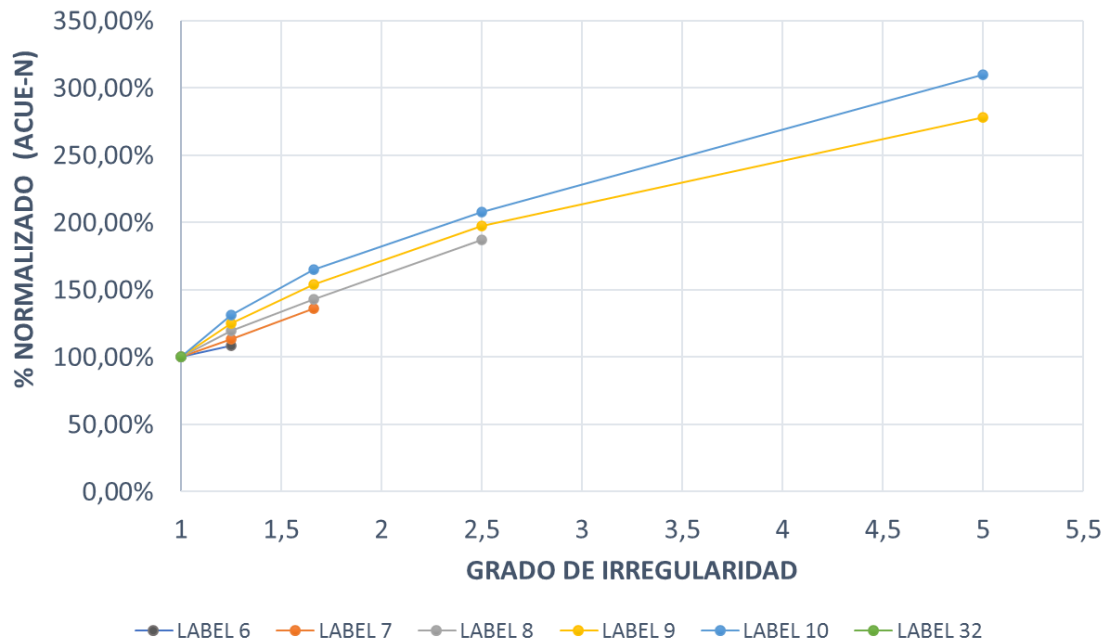
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



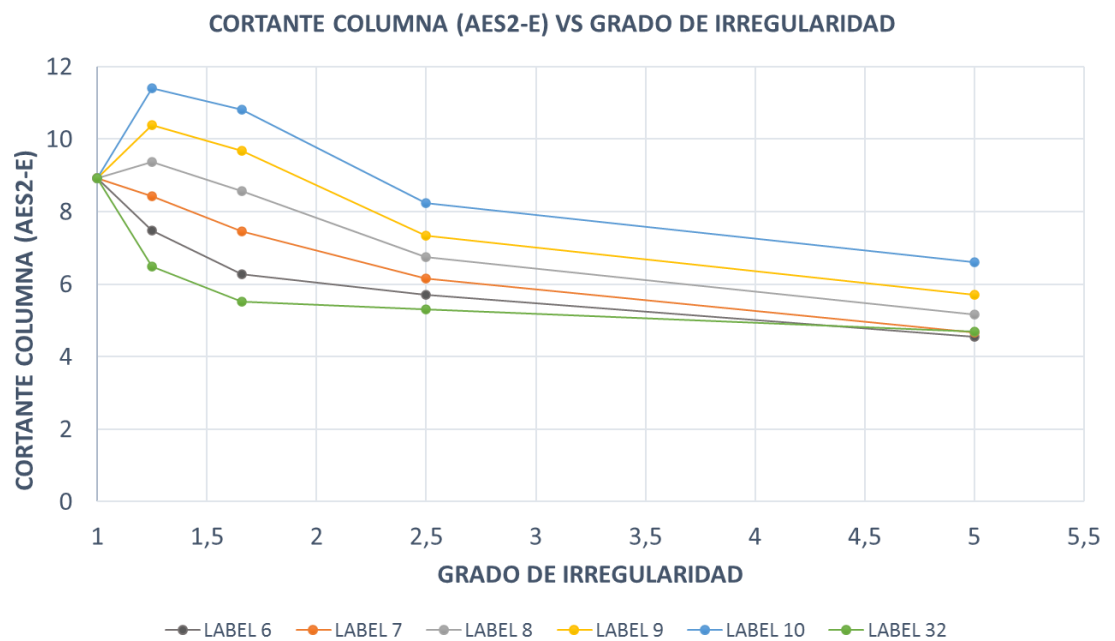
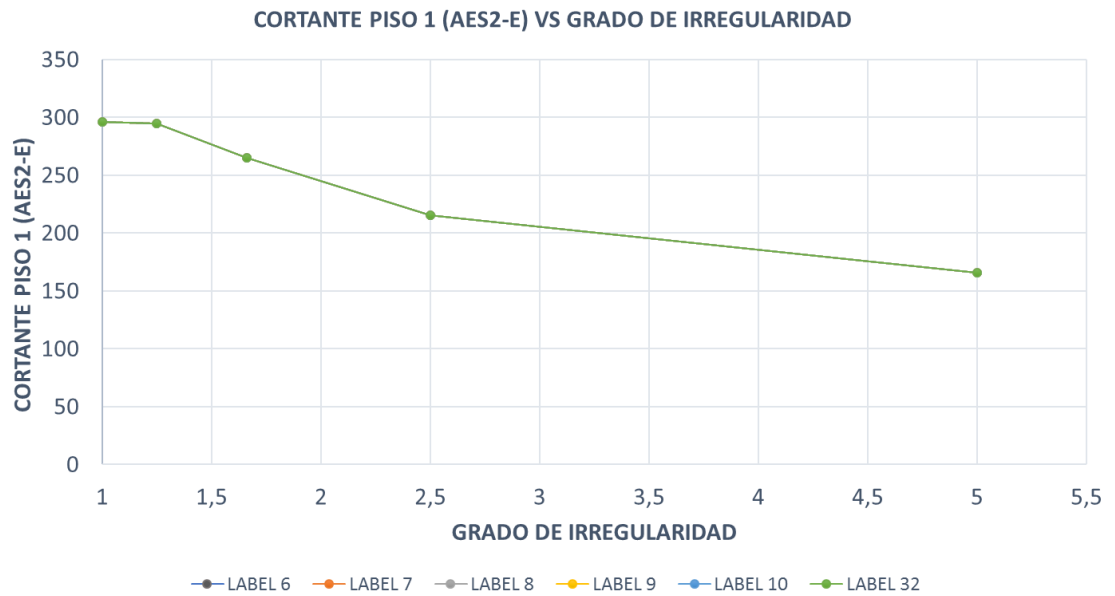
**% NORMALIZADO (ACUE-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



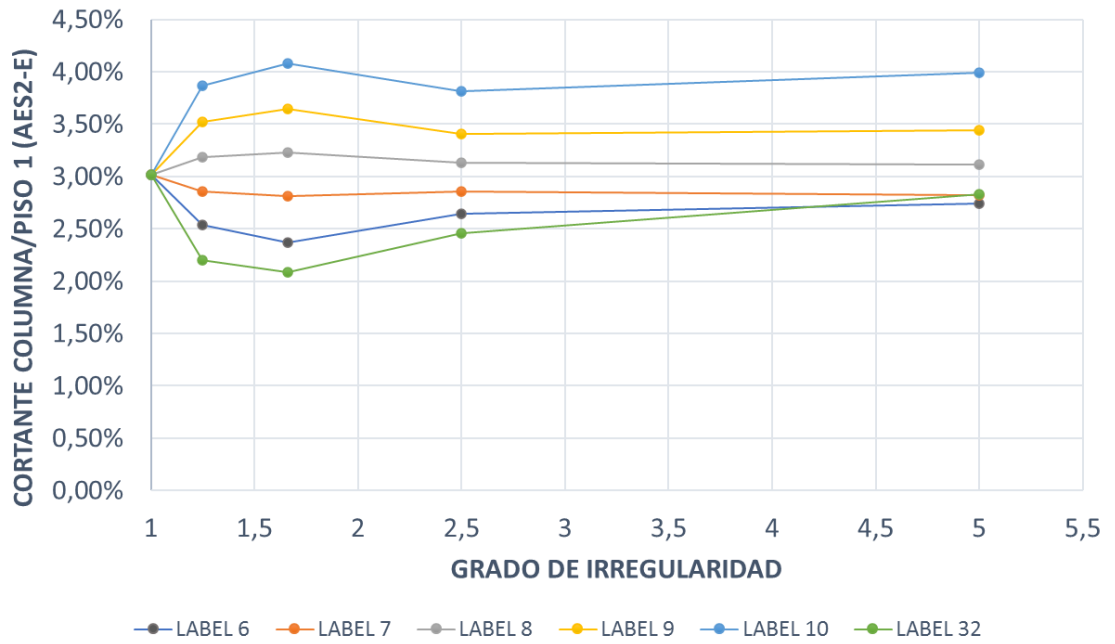
## ESTACIÓN AES-2

### COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

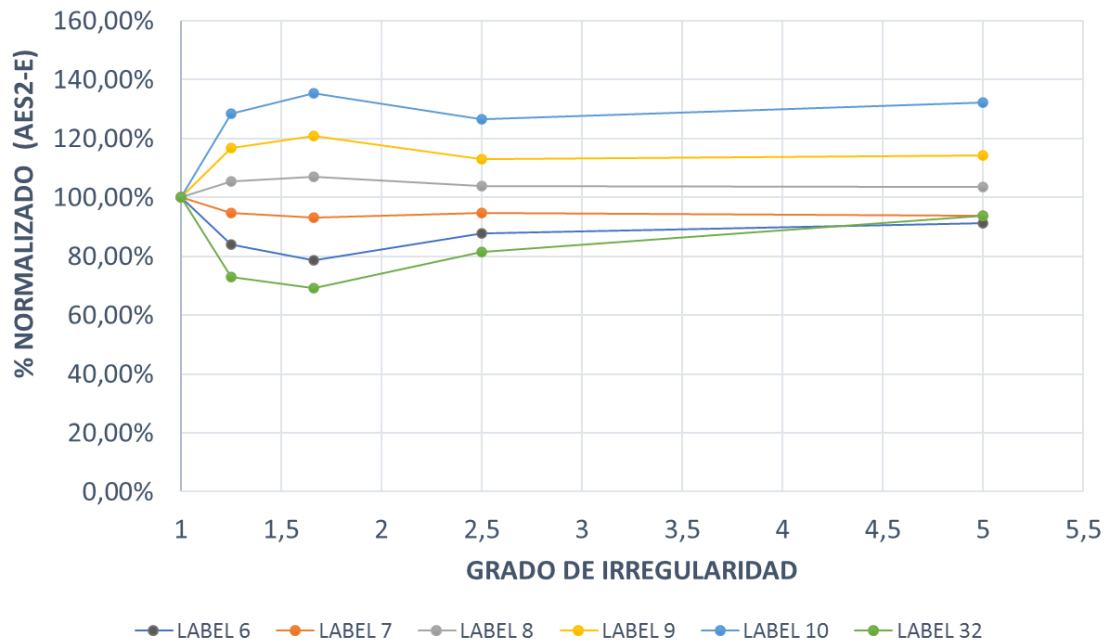
#### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

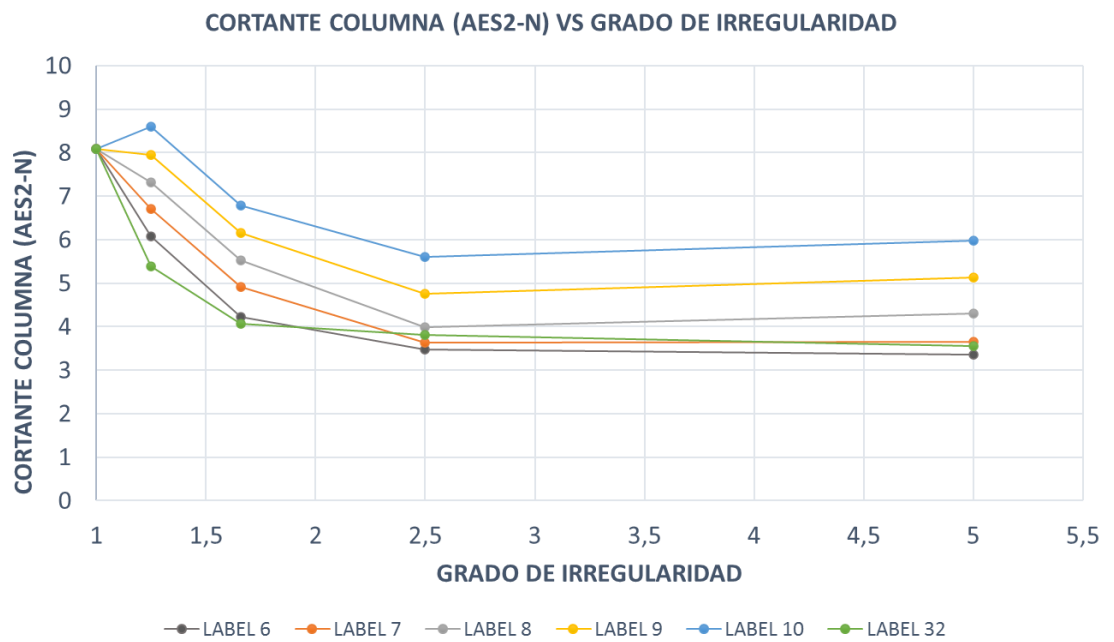
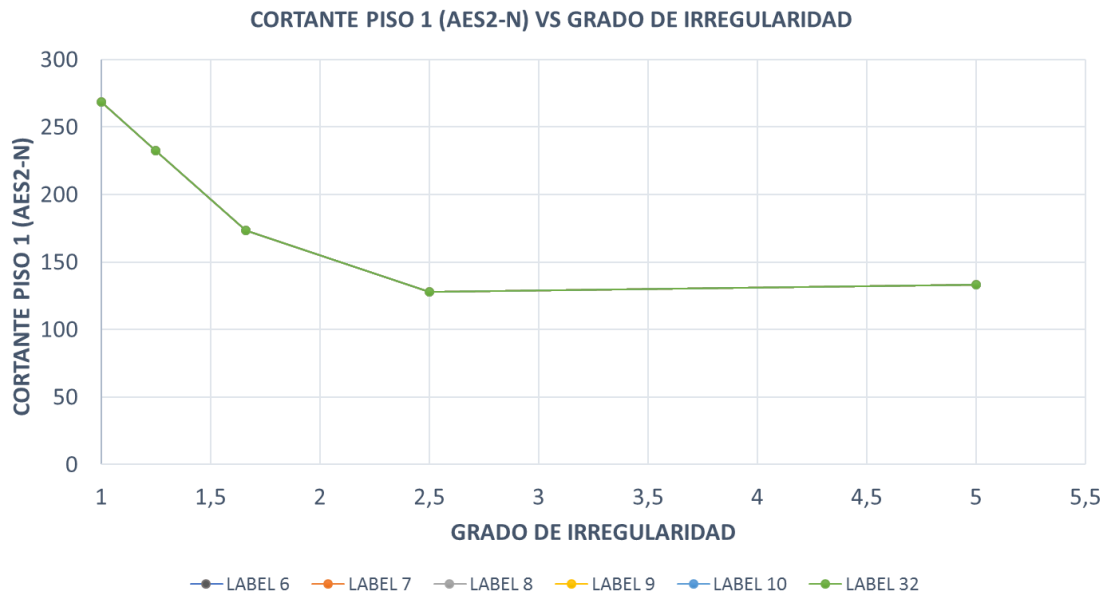


**% NORMALIZADO (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

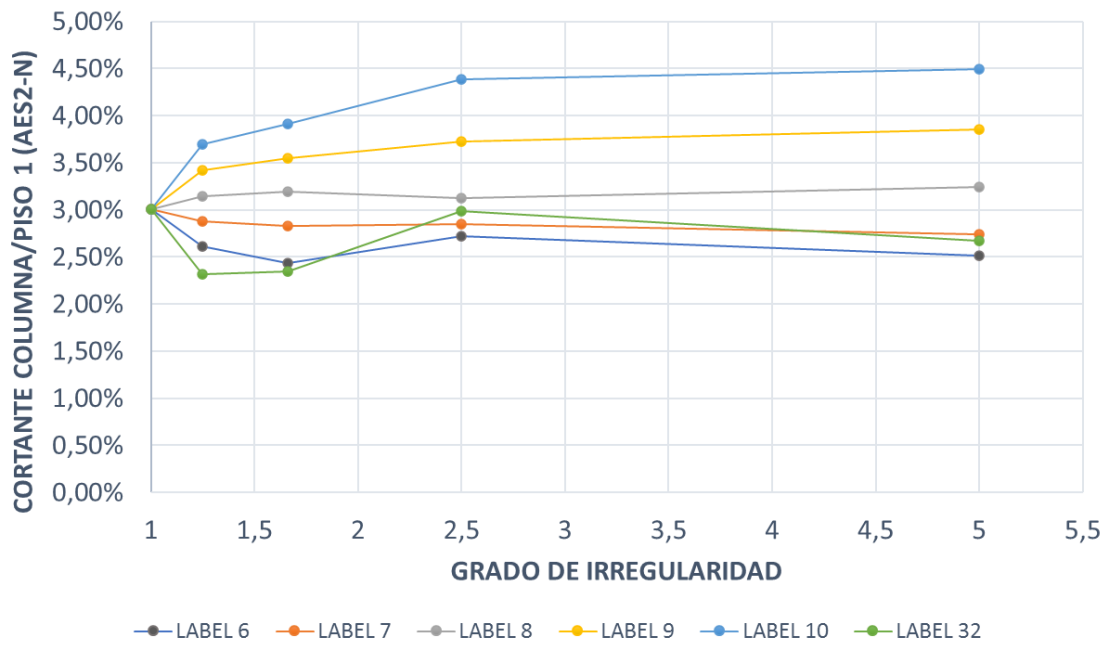


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

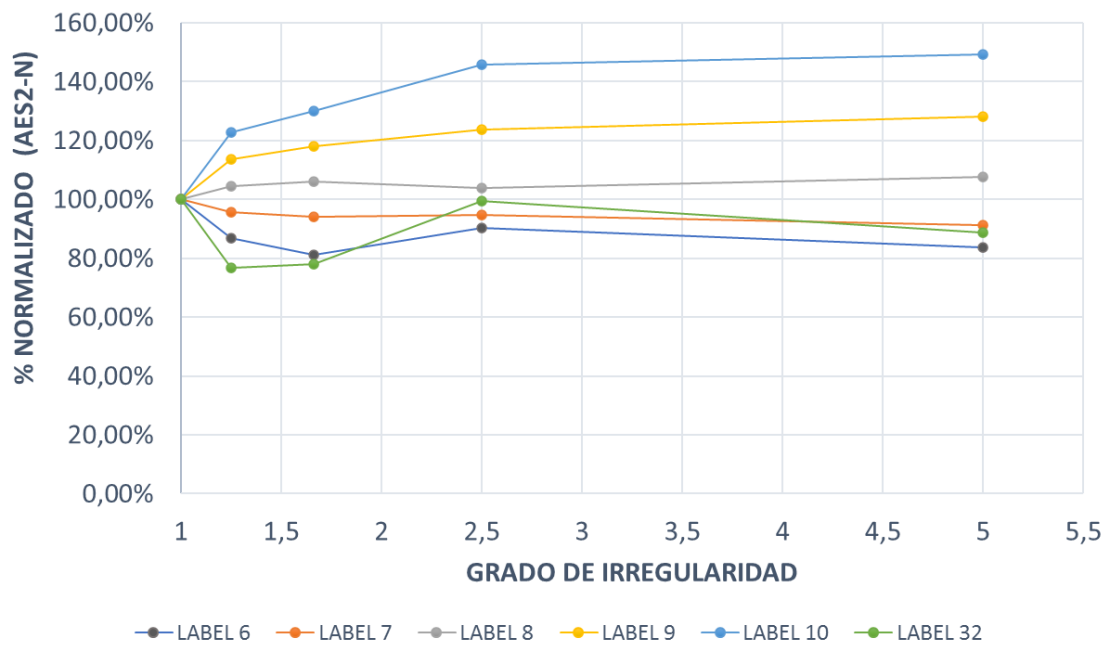
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

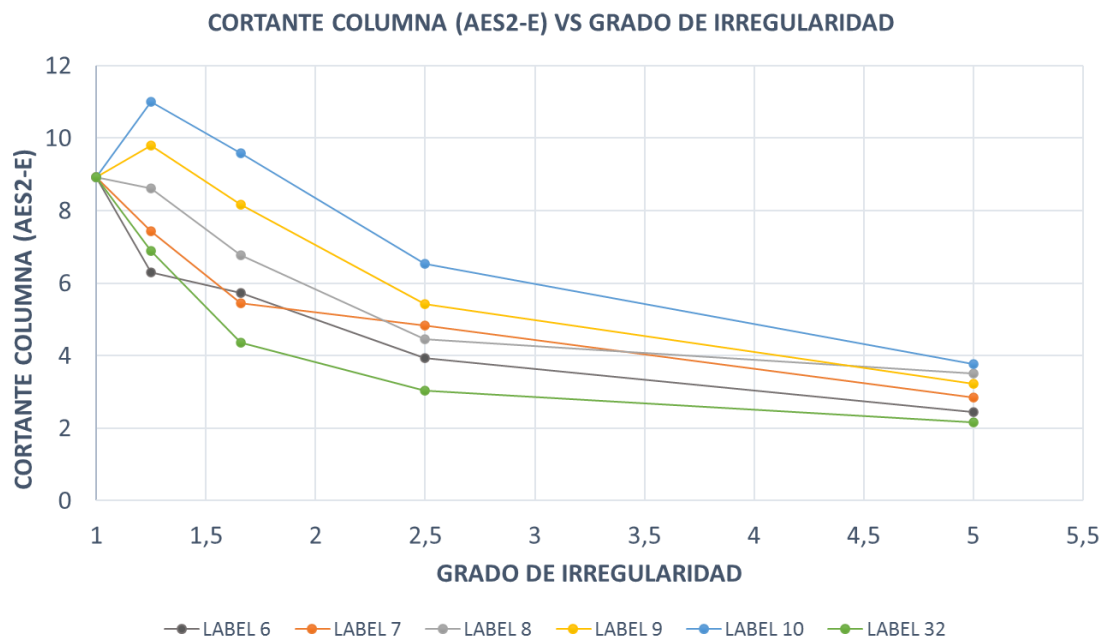
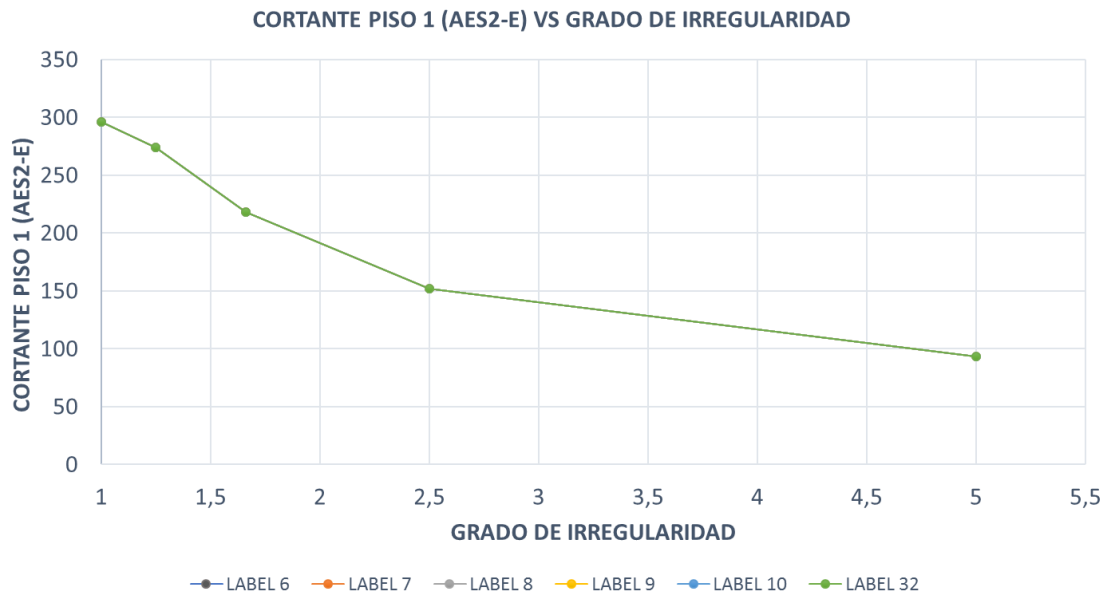


**% NORMALIZADO (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



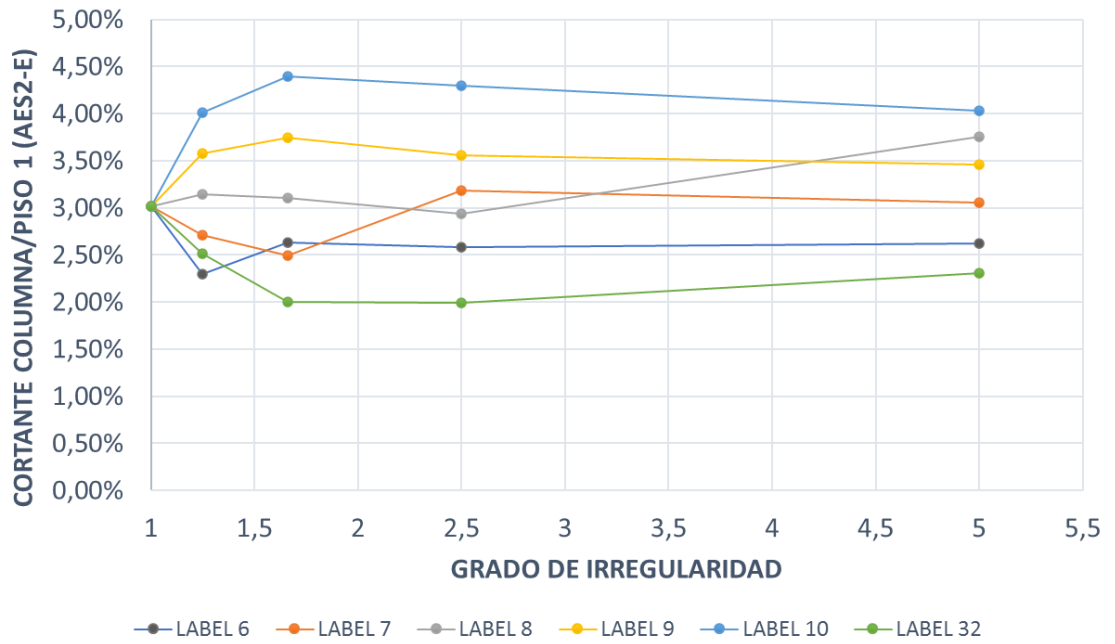
## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

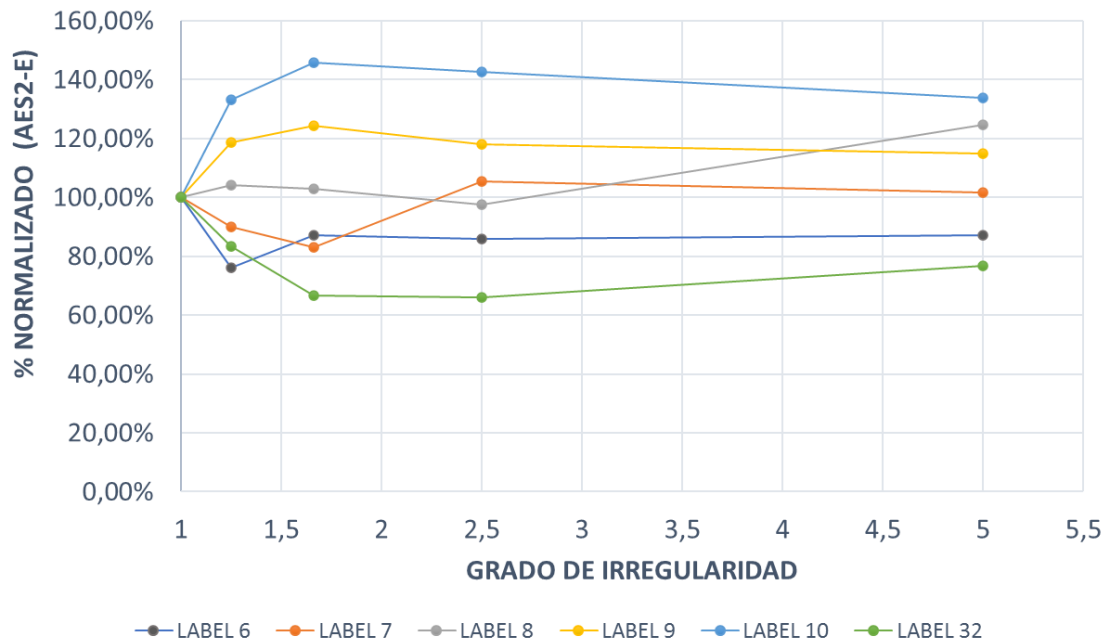




**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

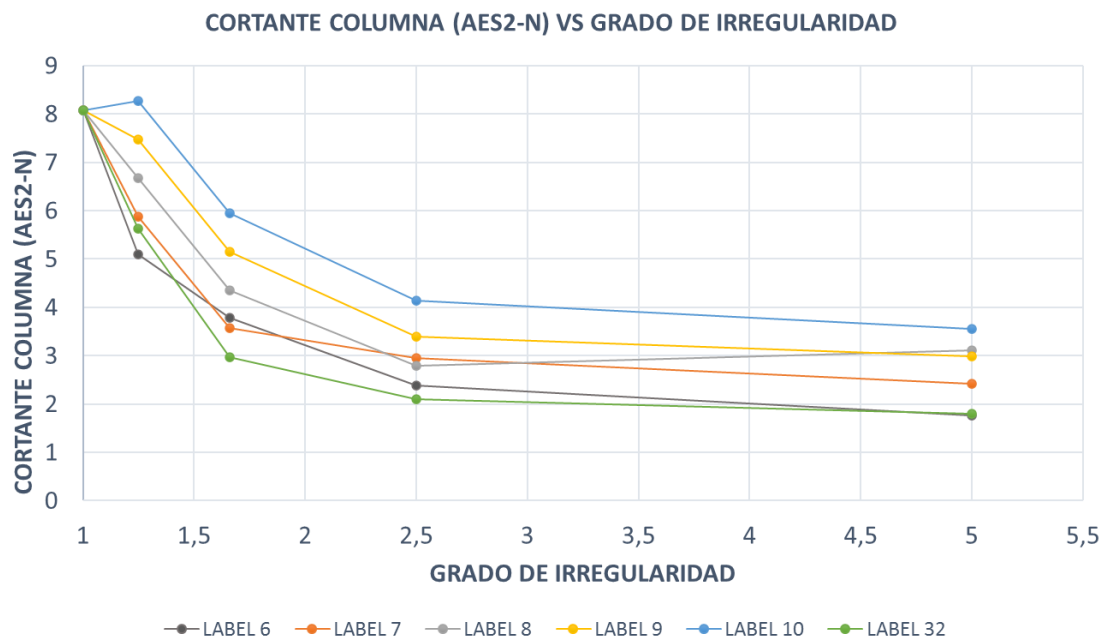
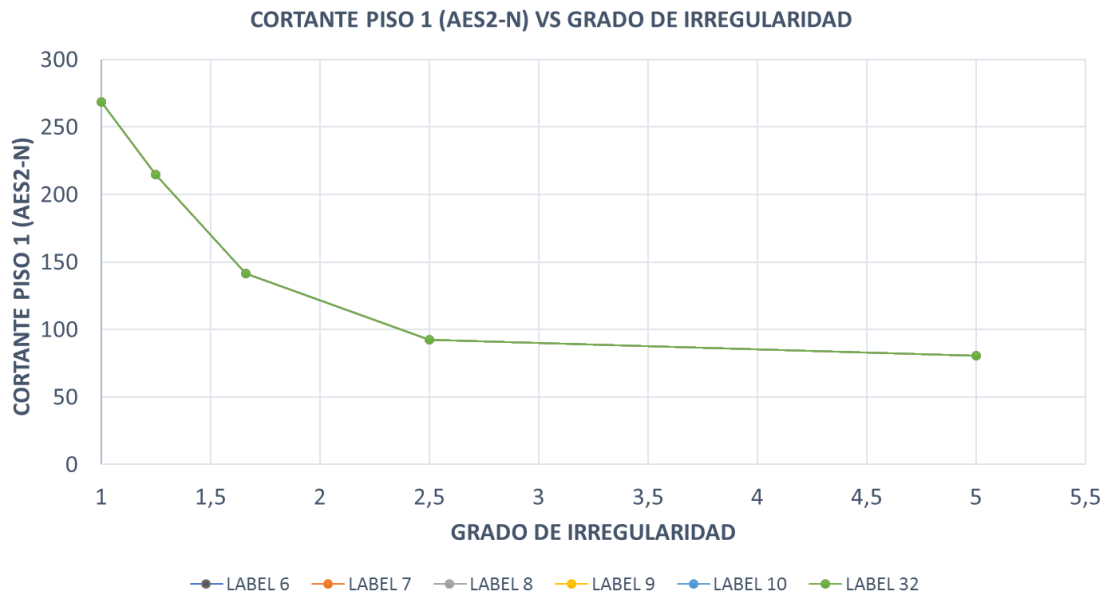


**% NORMALIZADO (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

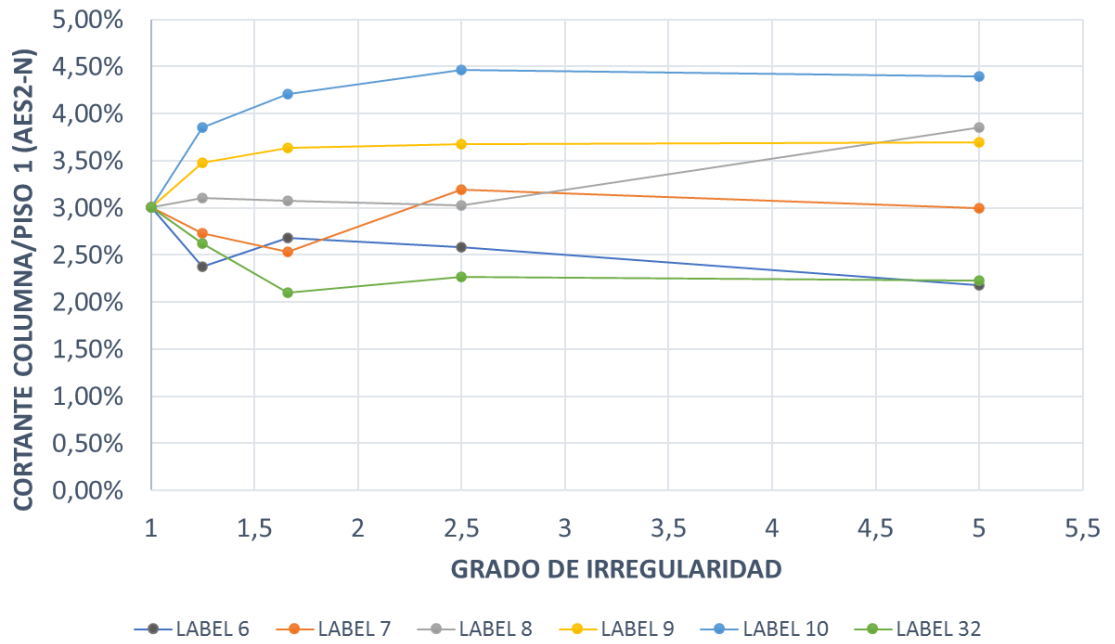


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

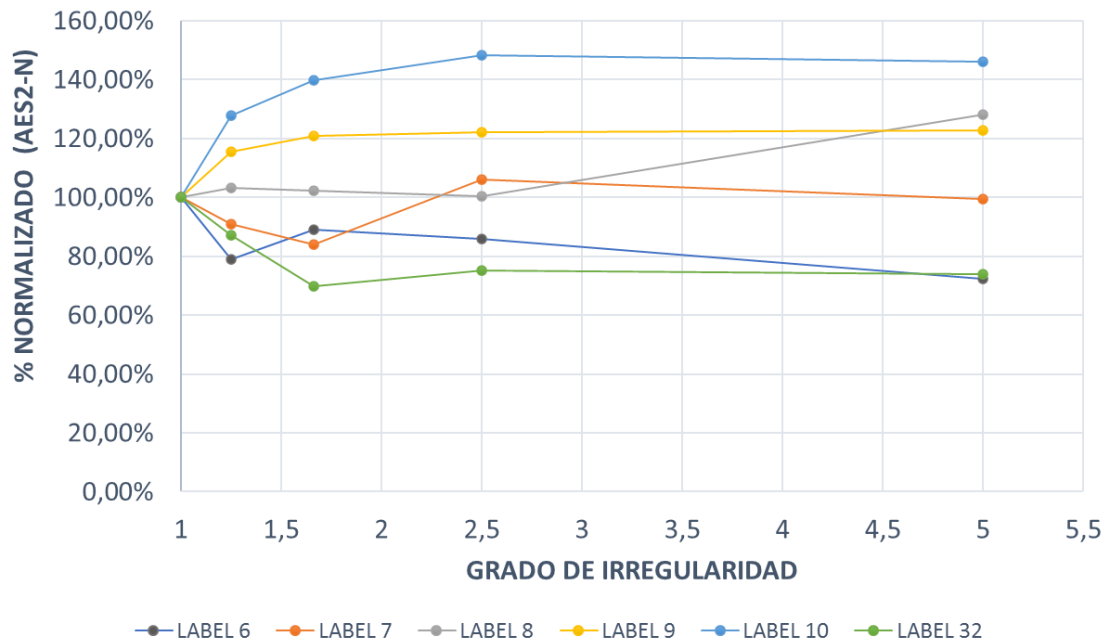
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

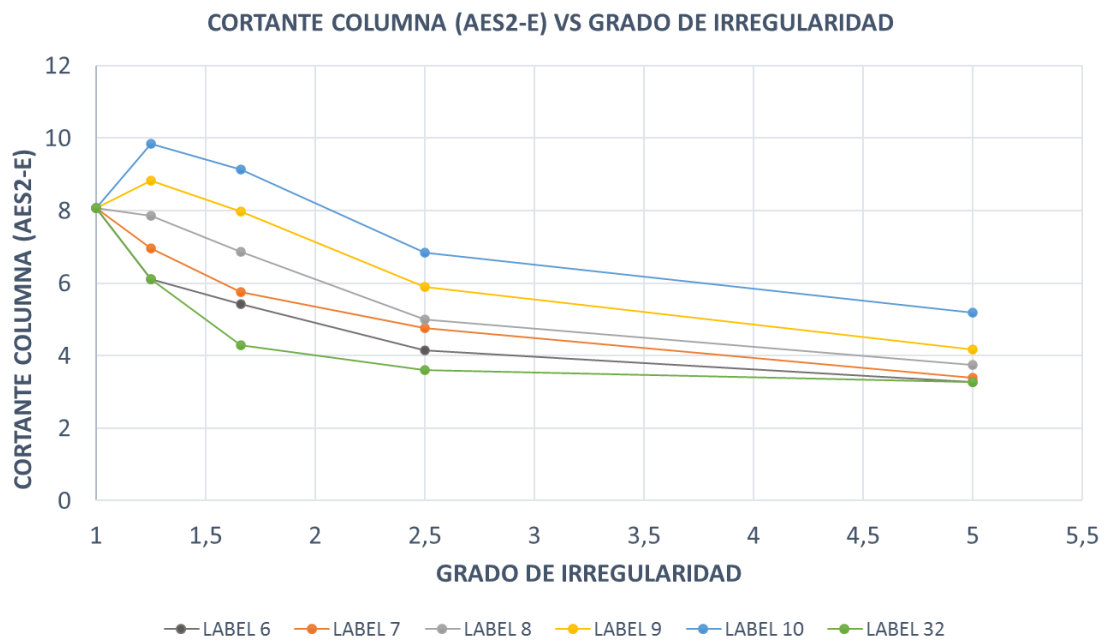
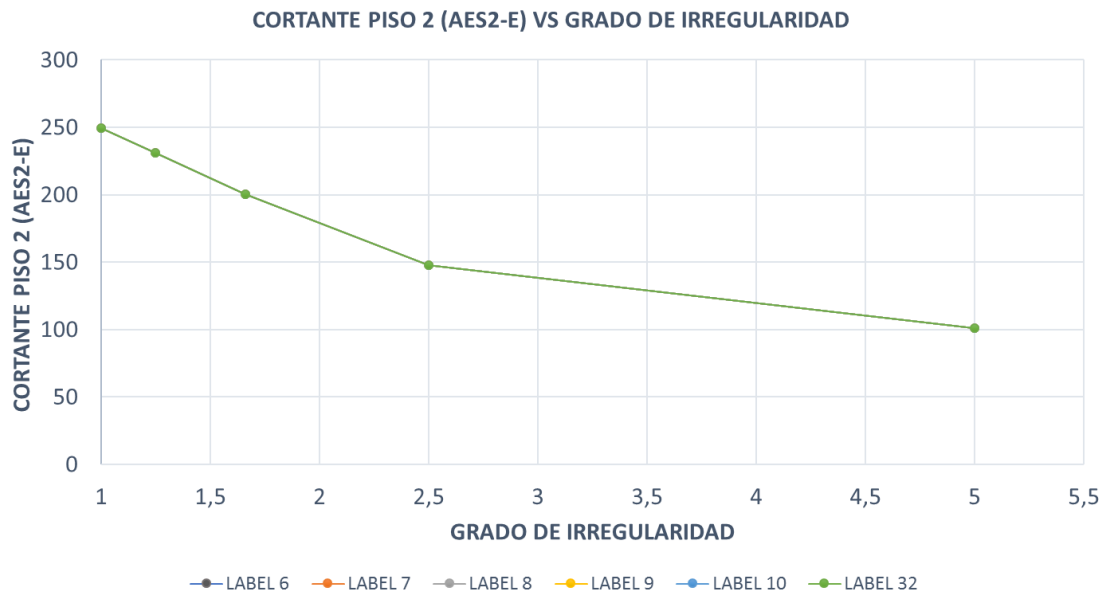


**% NORMALIZADO (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

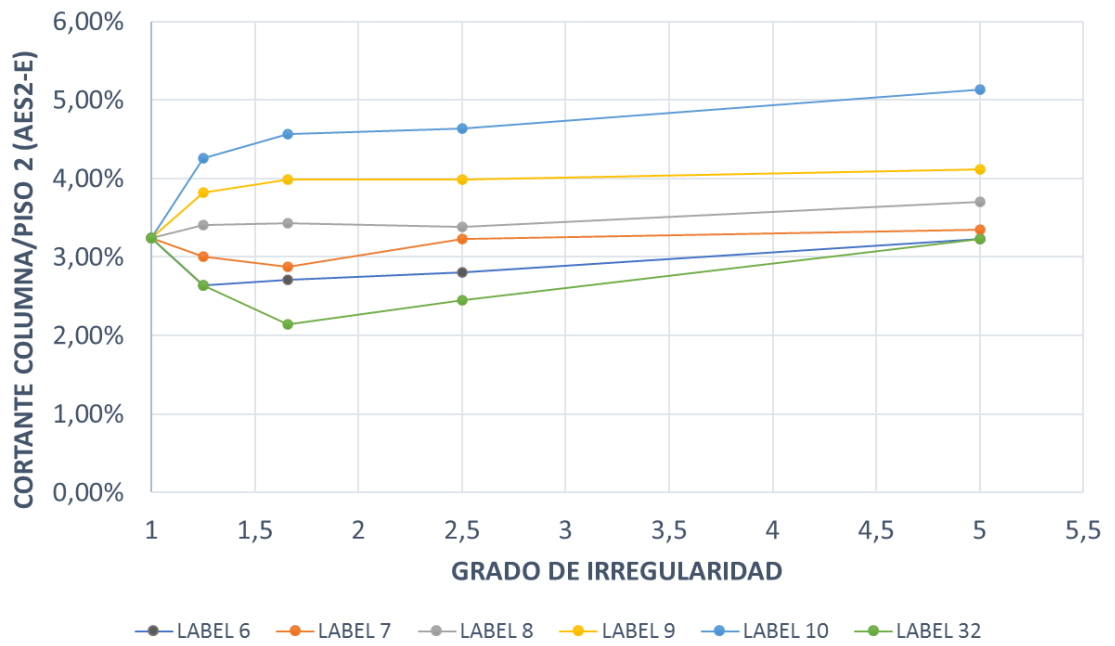


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

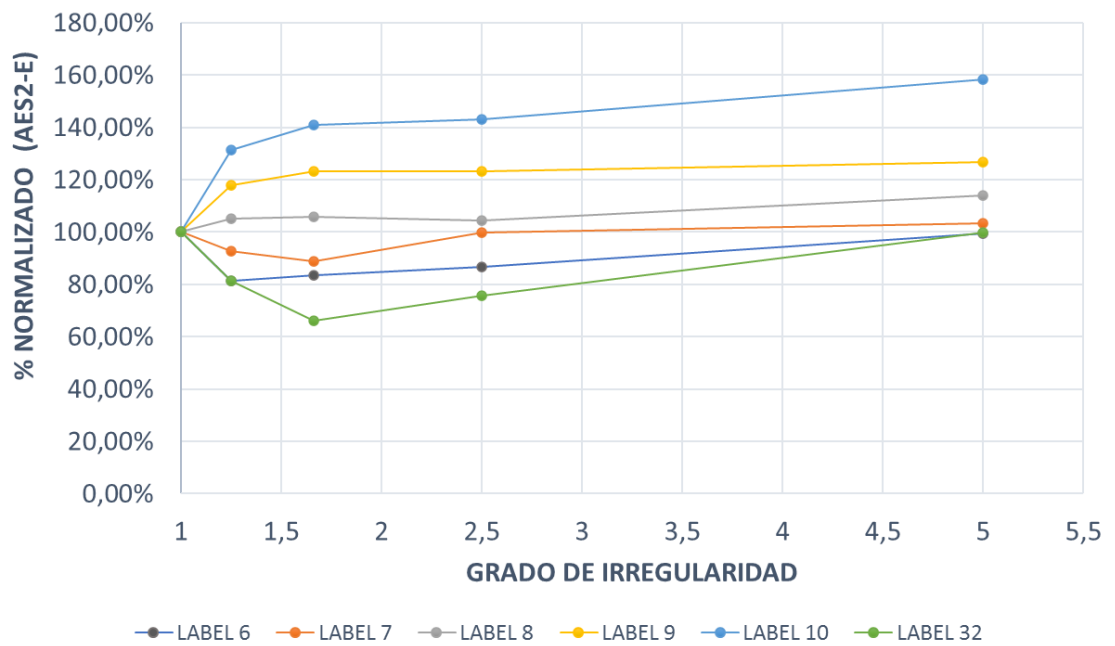
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

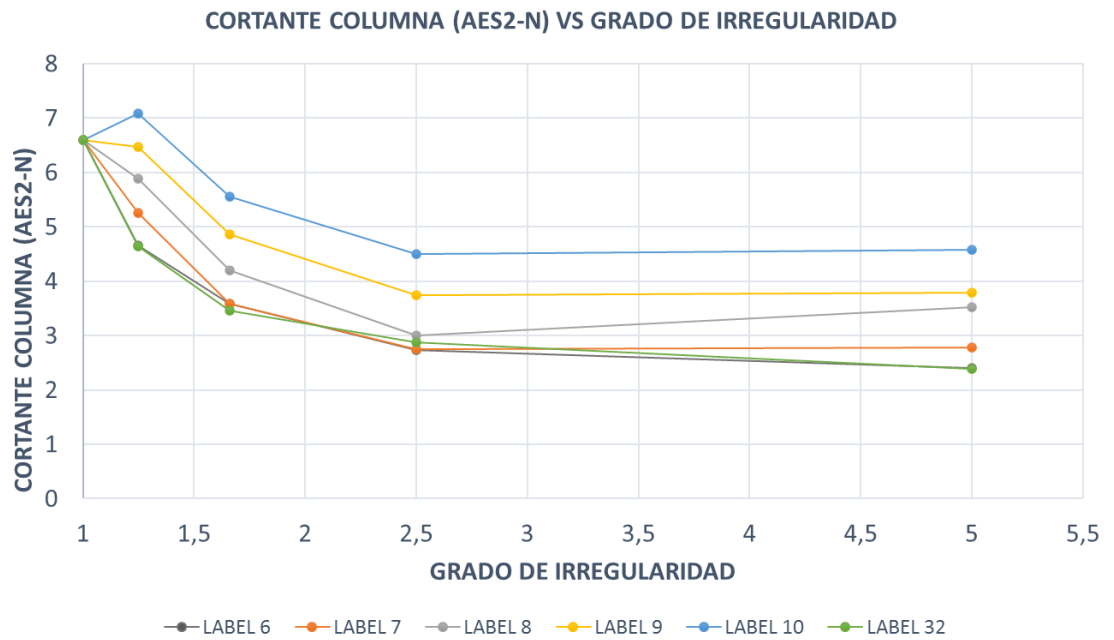
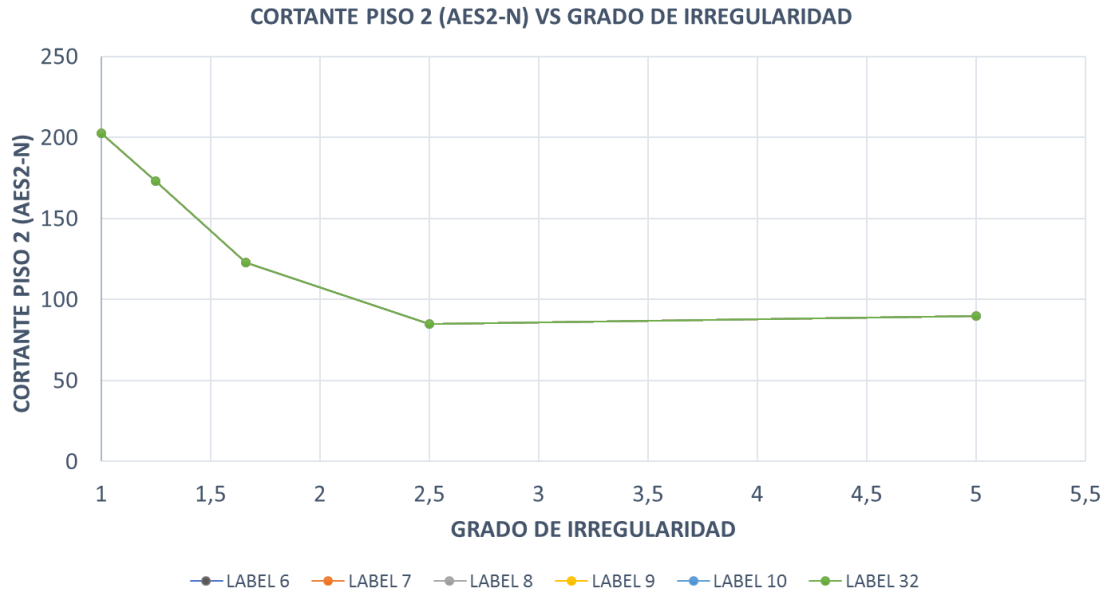


**% NORMALIZADO (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

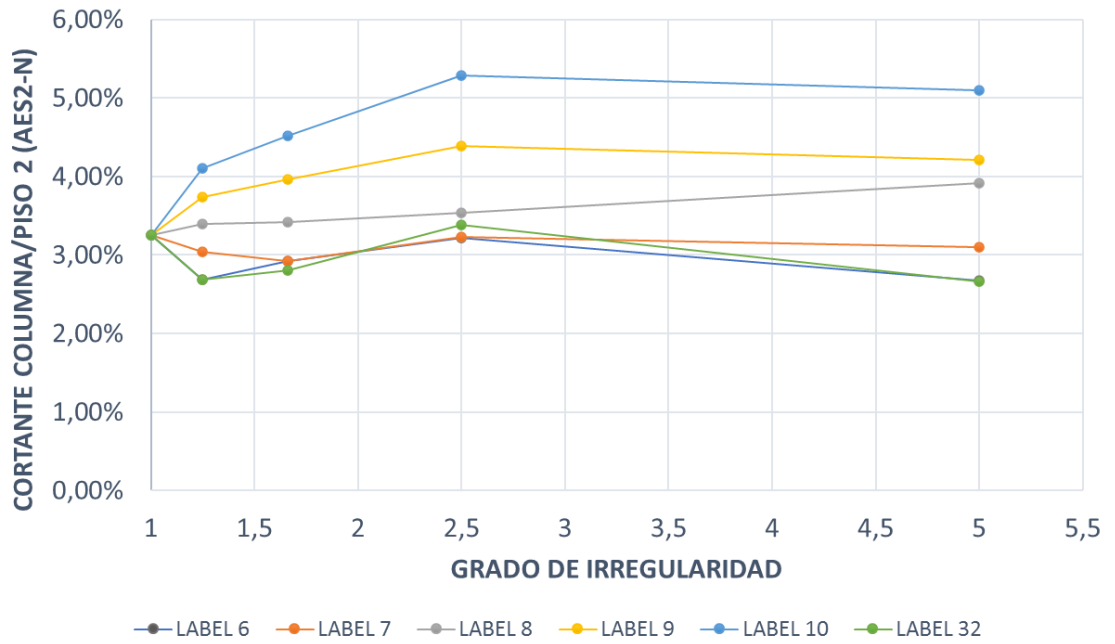


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

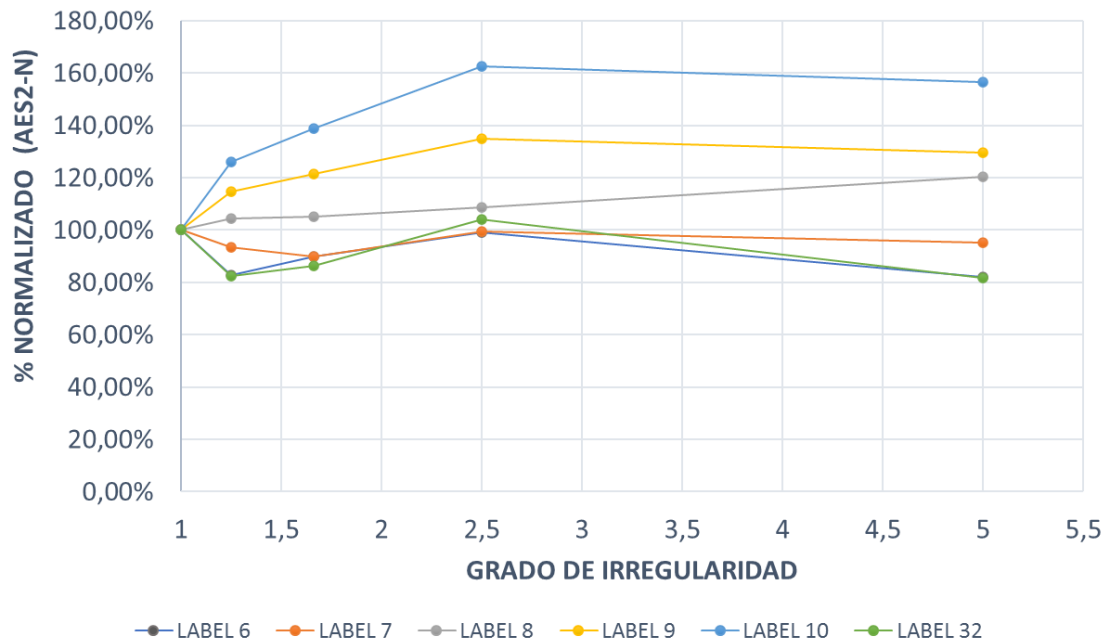
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

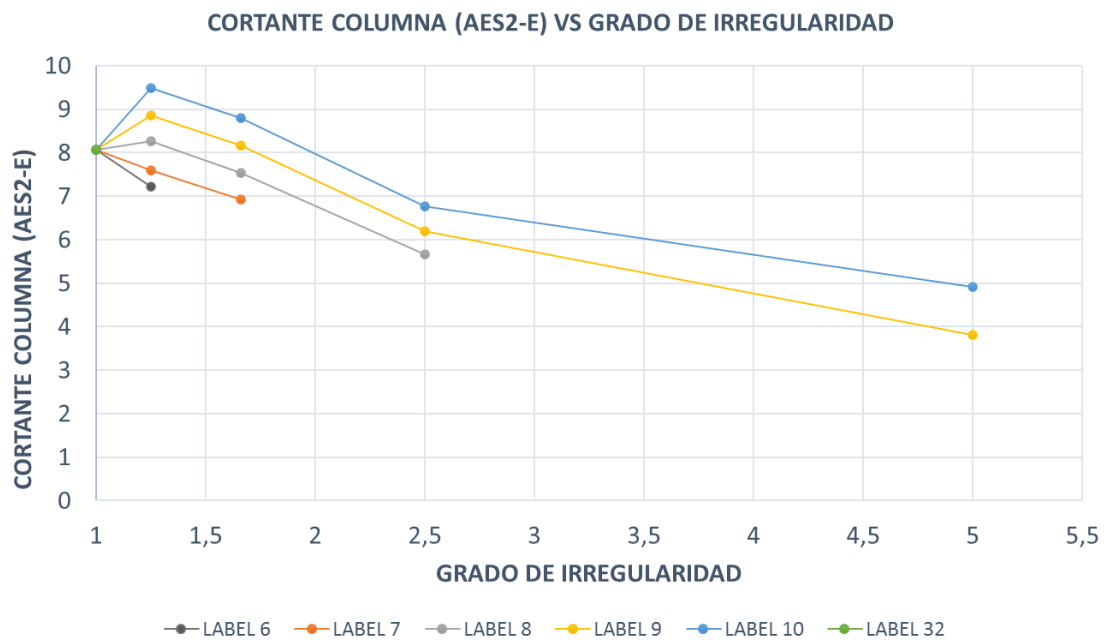
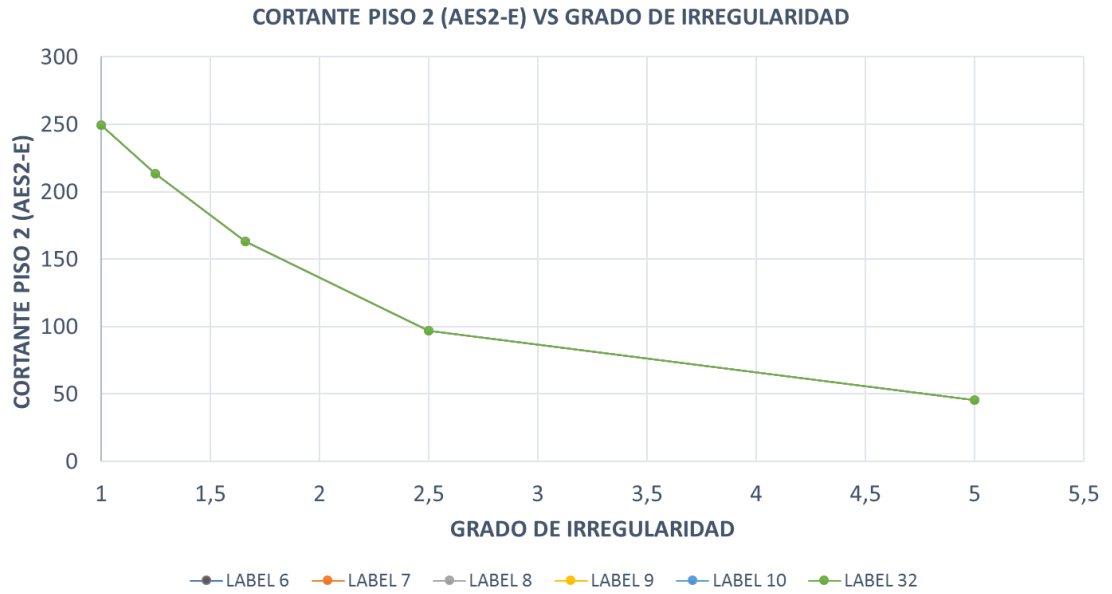


**% NORMALIZADO (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



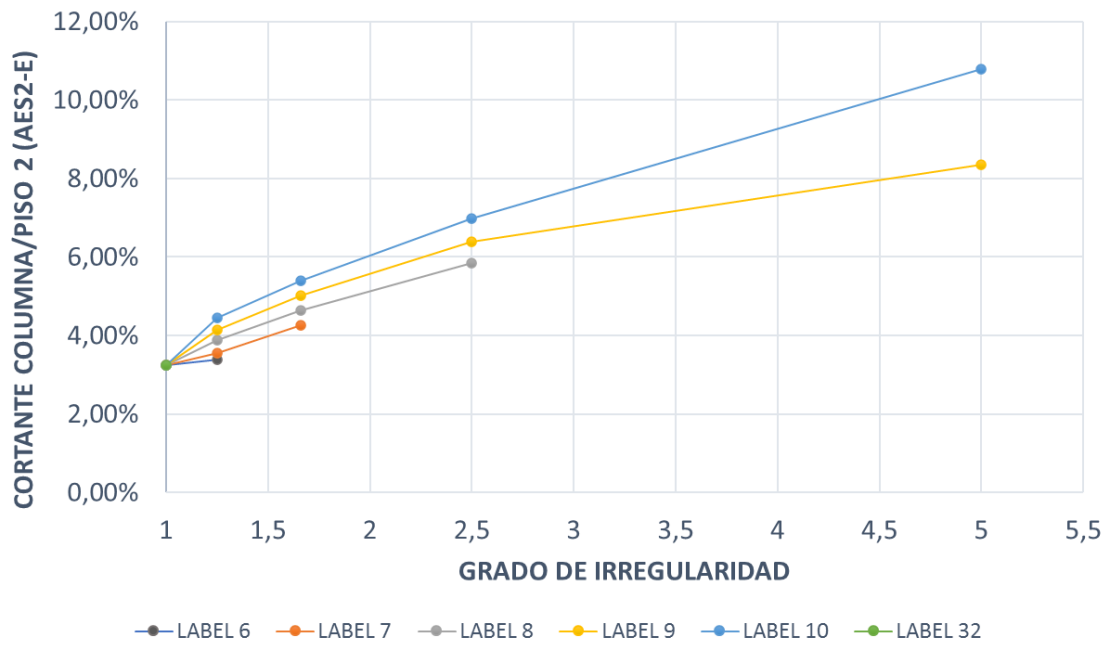
## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

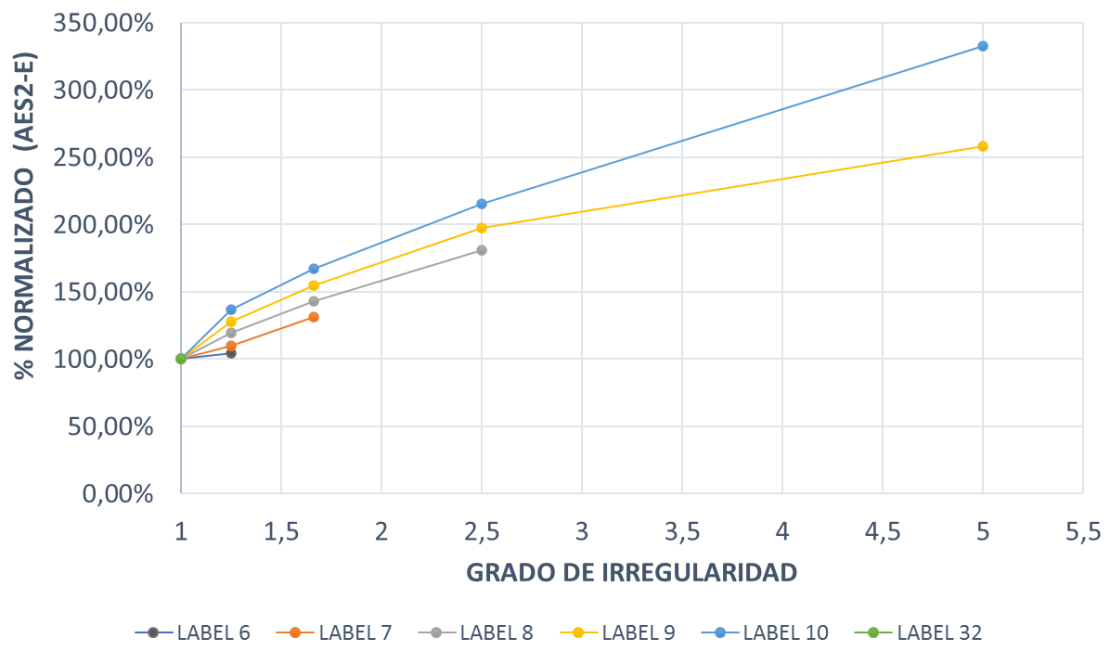




**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

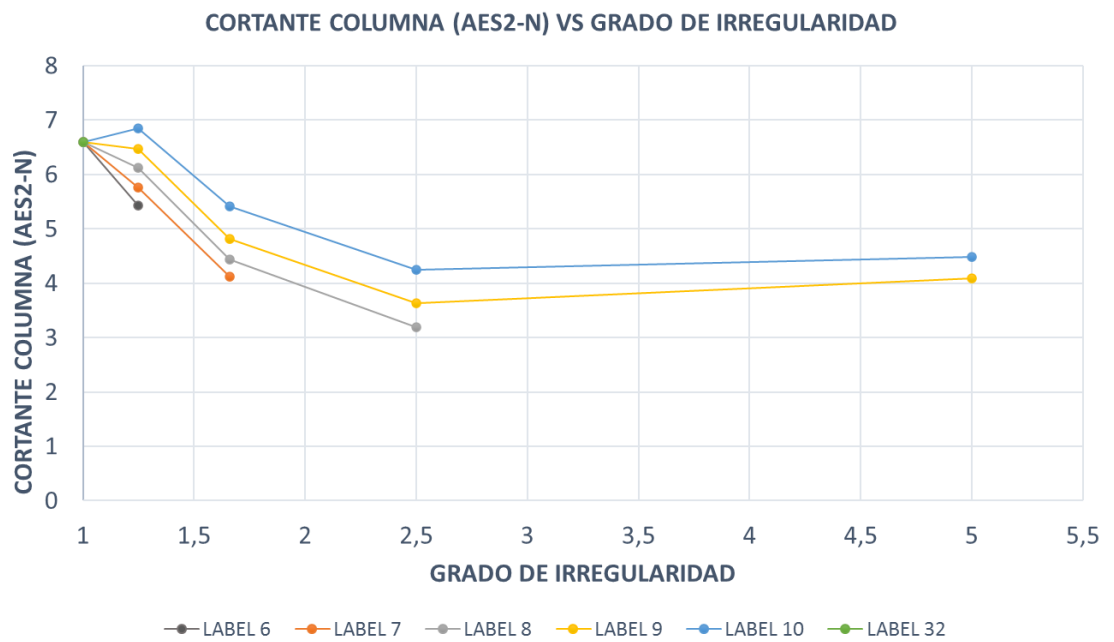
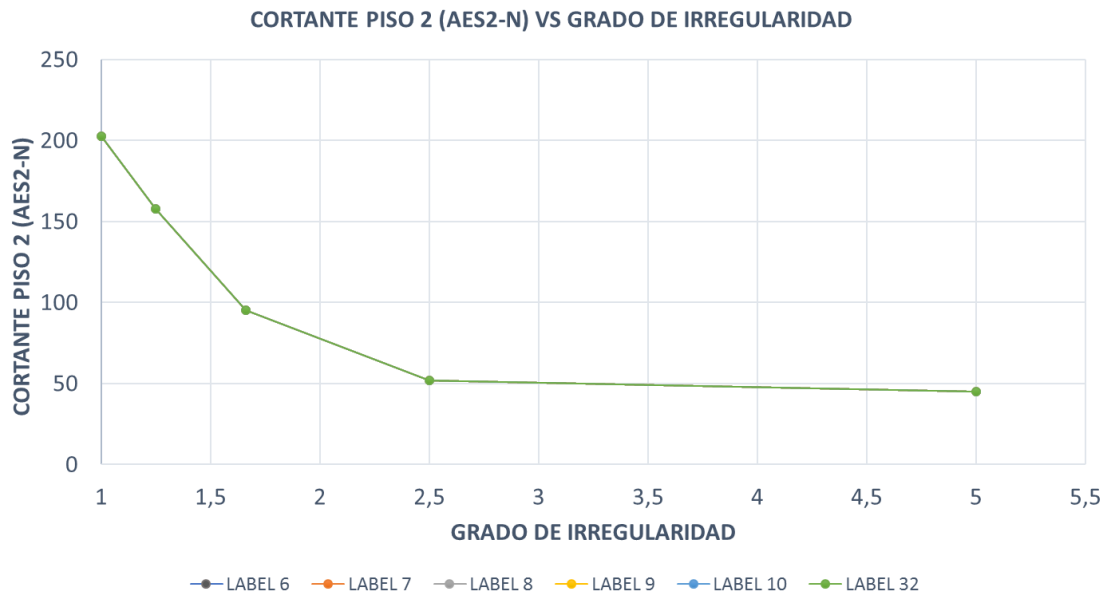


**% NORMALIZADO (AES2-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

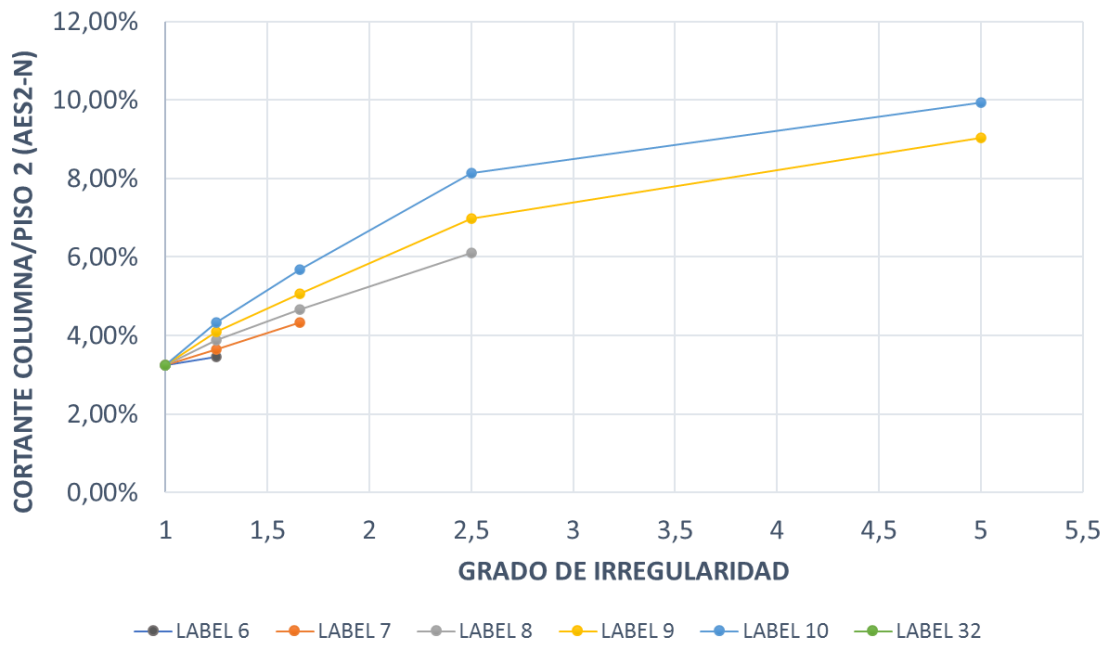


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

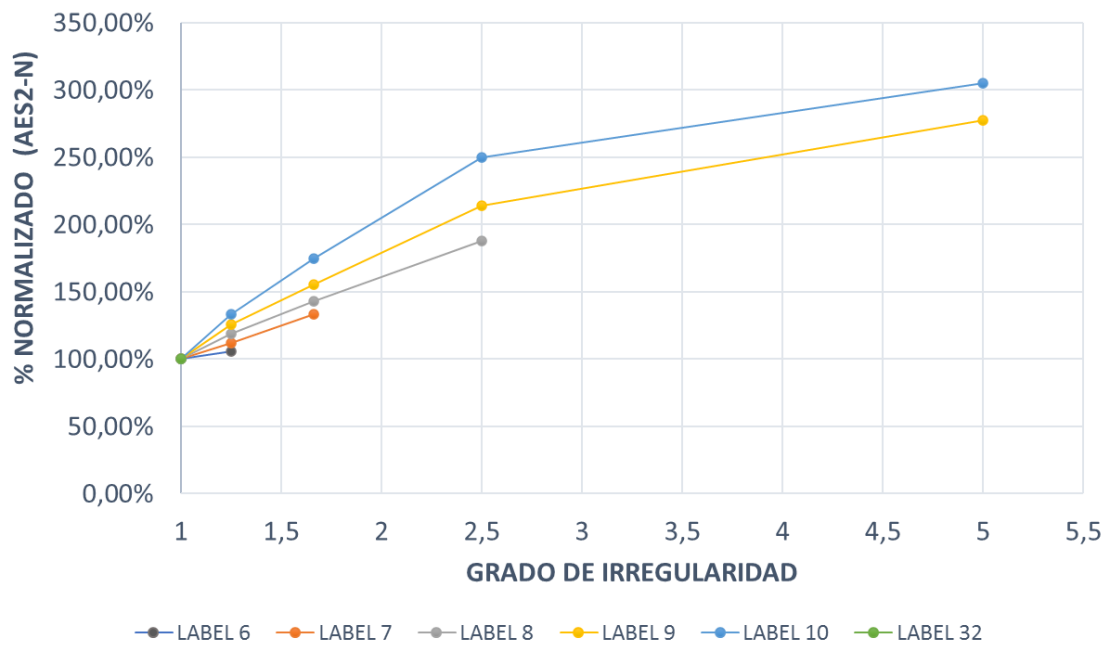
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



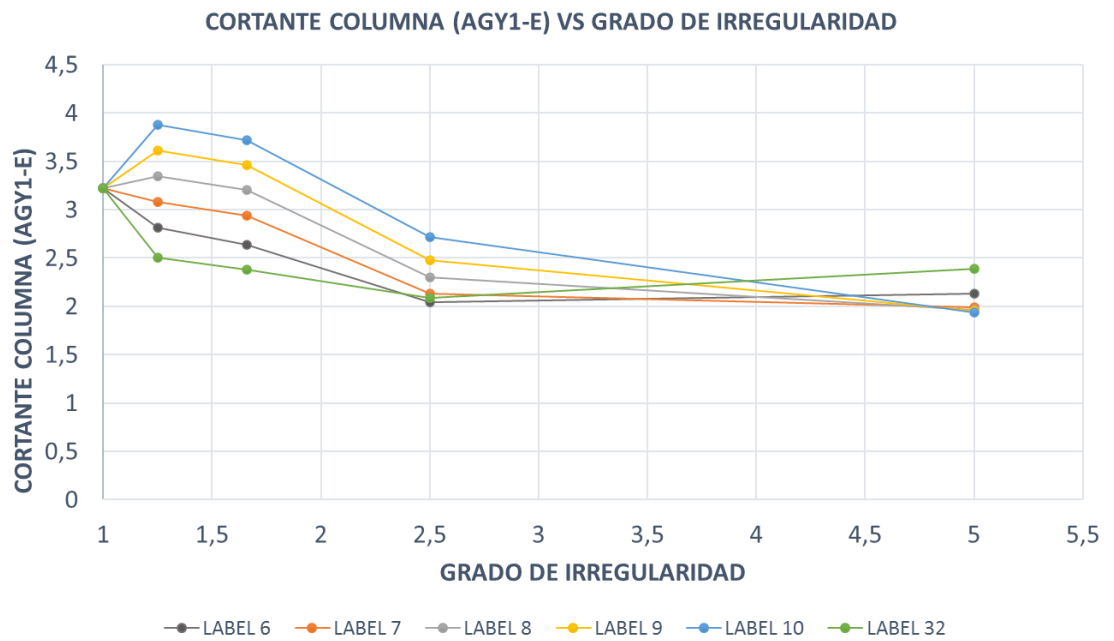
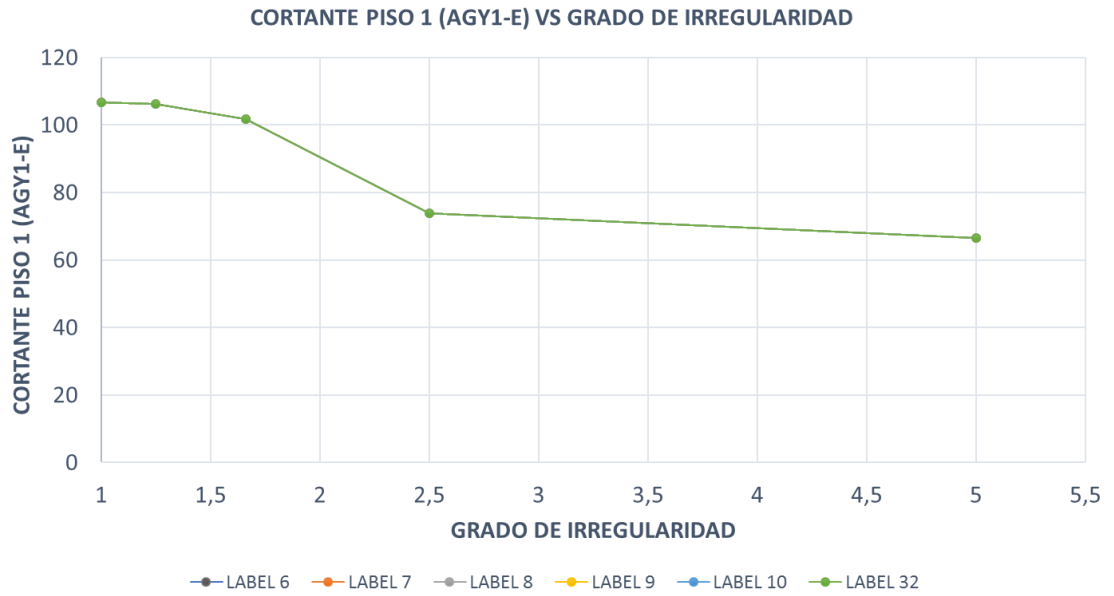
**% NORMALIZADO (AES2-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



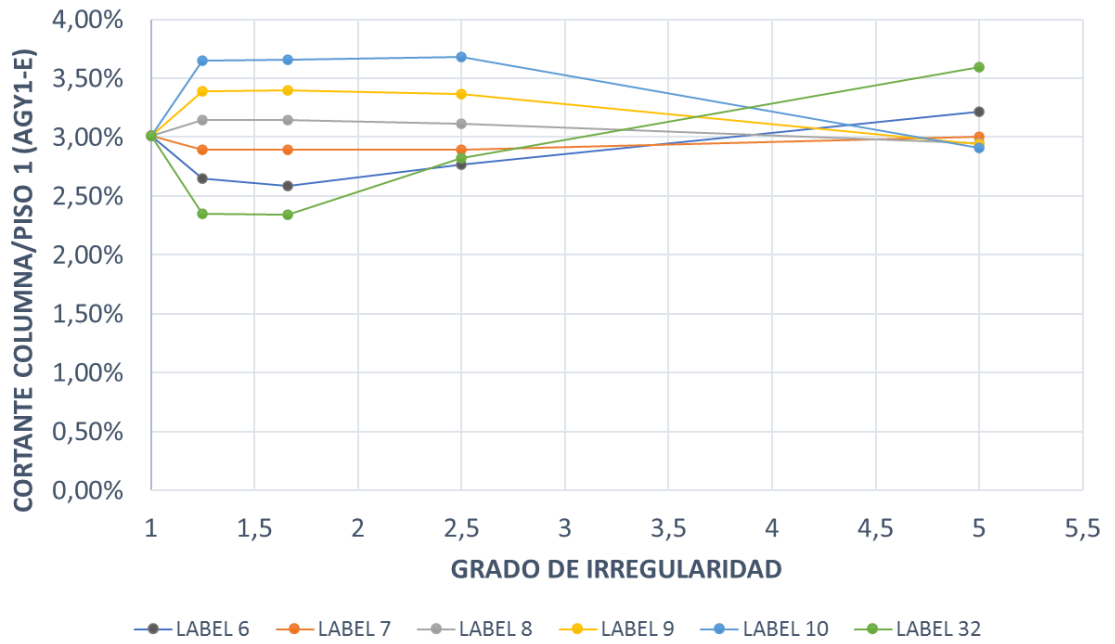
# ESTACIÓN AGY-1

## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

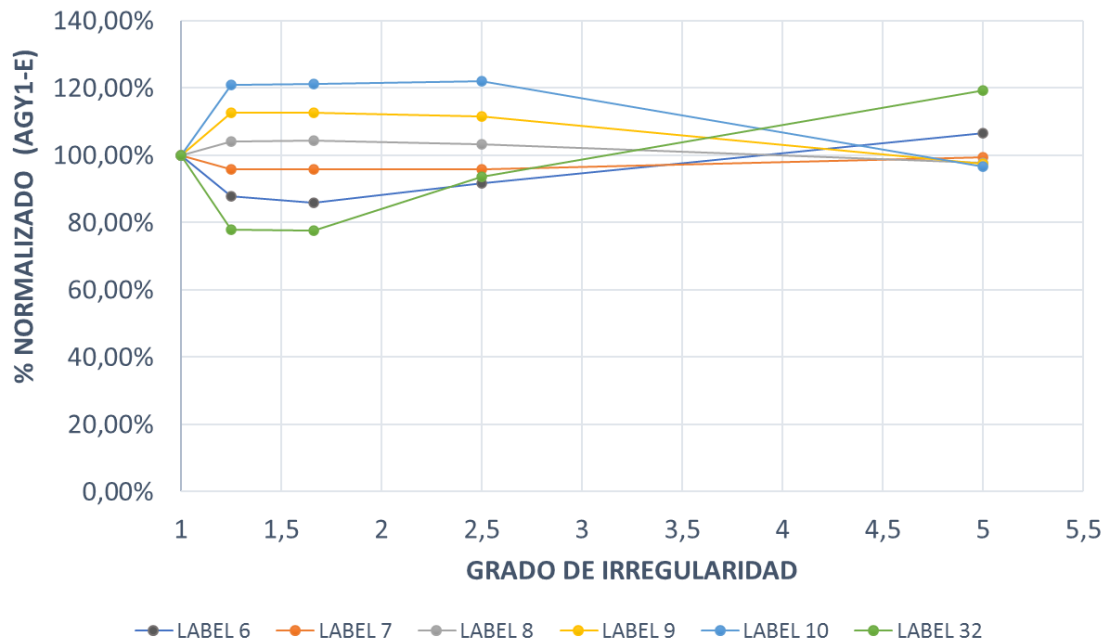
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

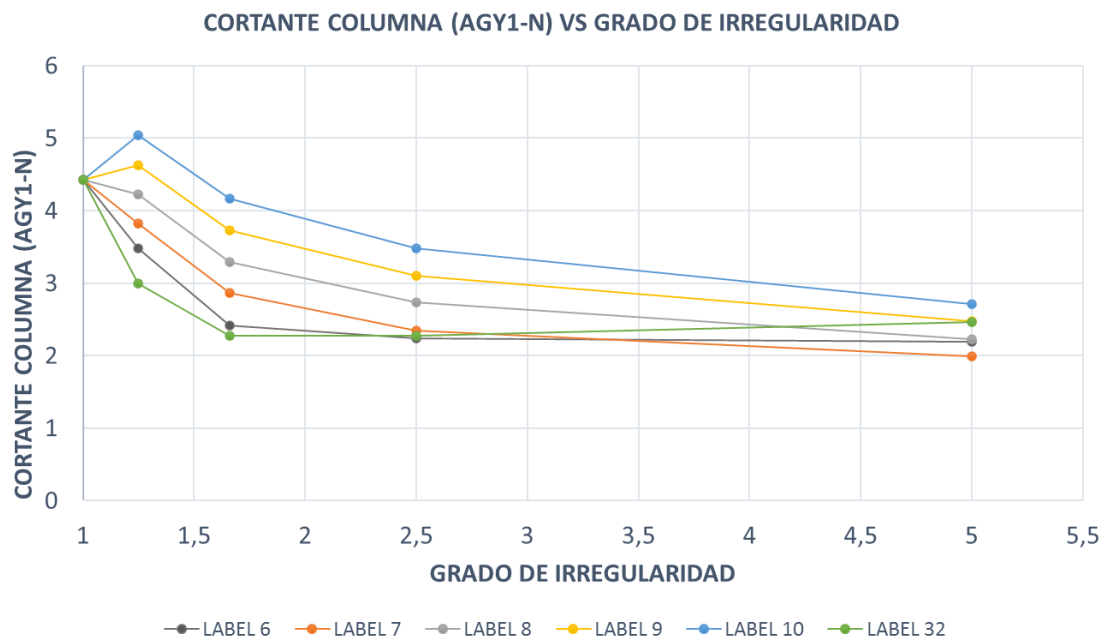
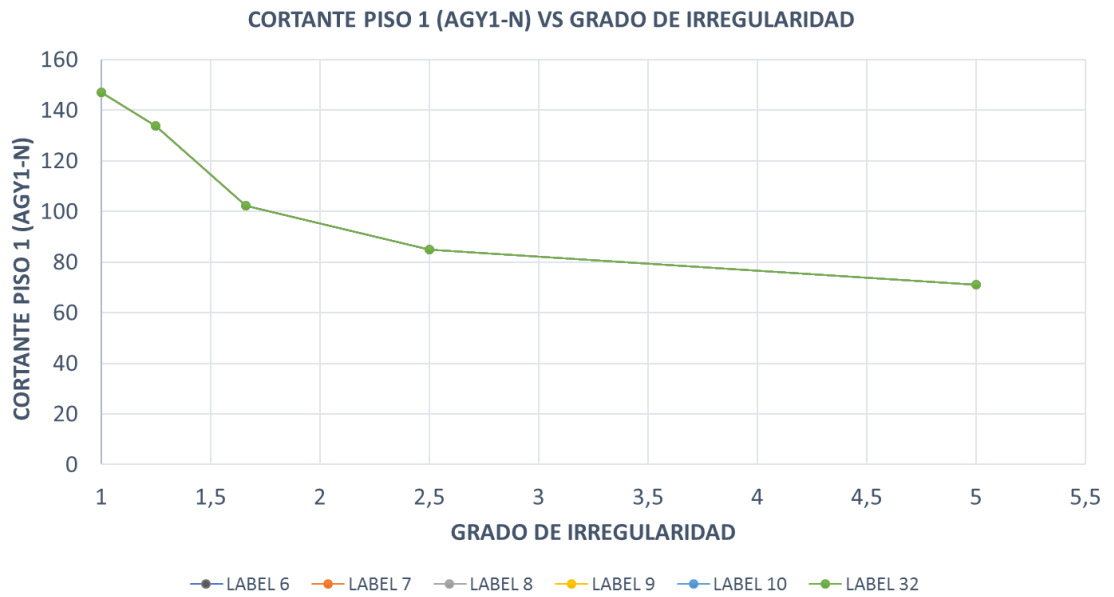


**% NORMALIZADO (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

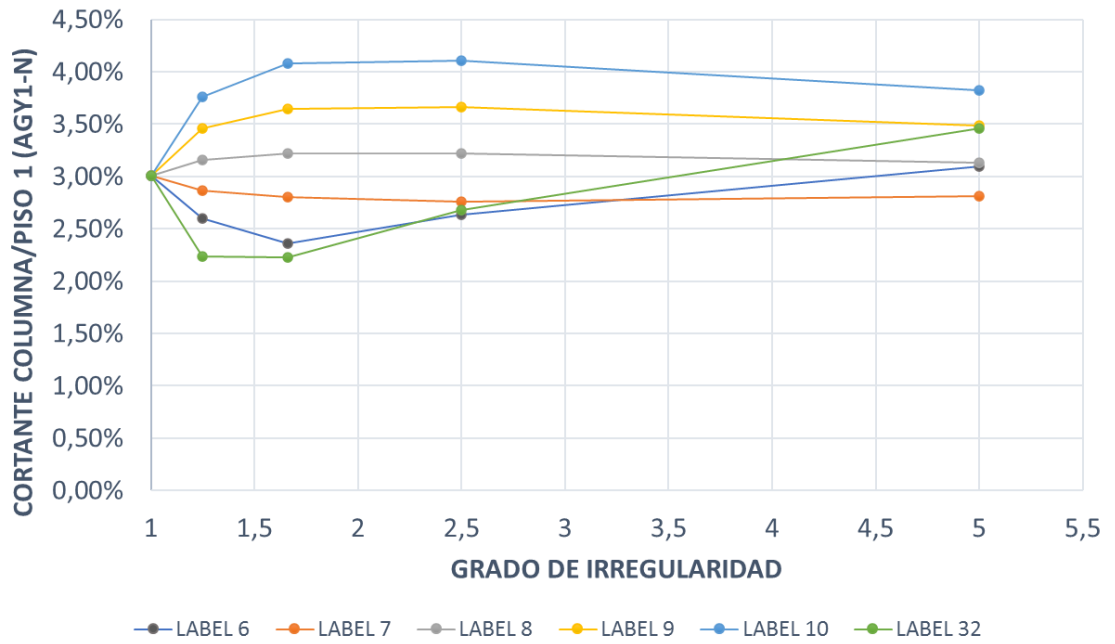


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO A

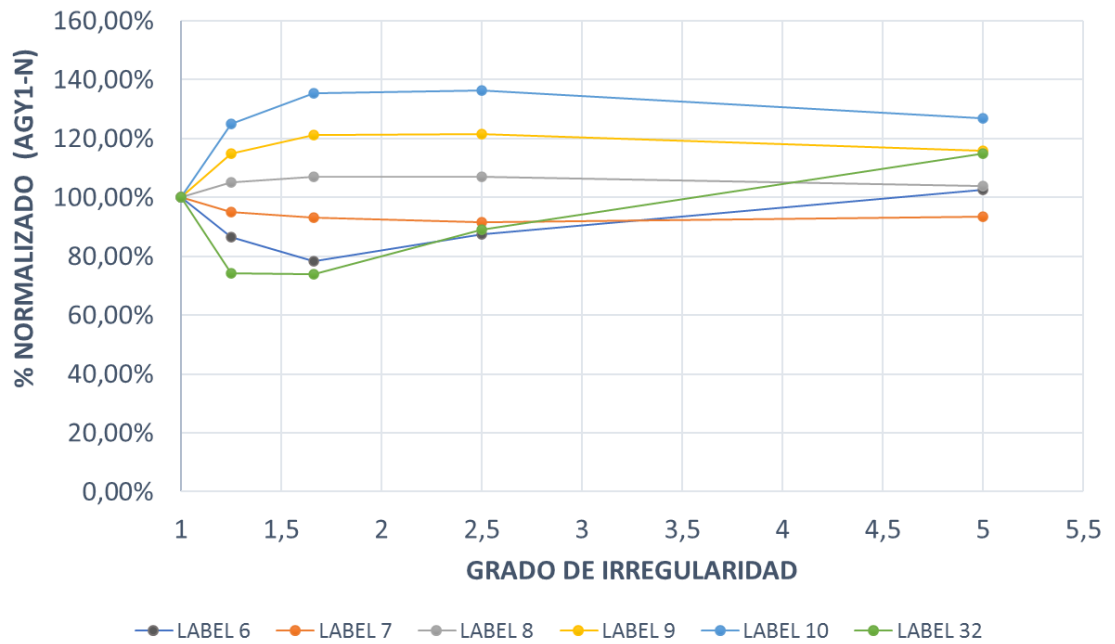
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

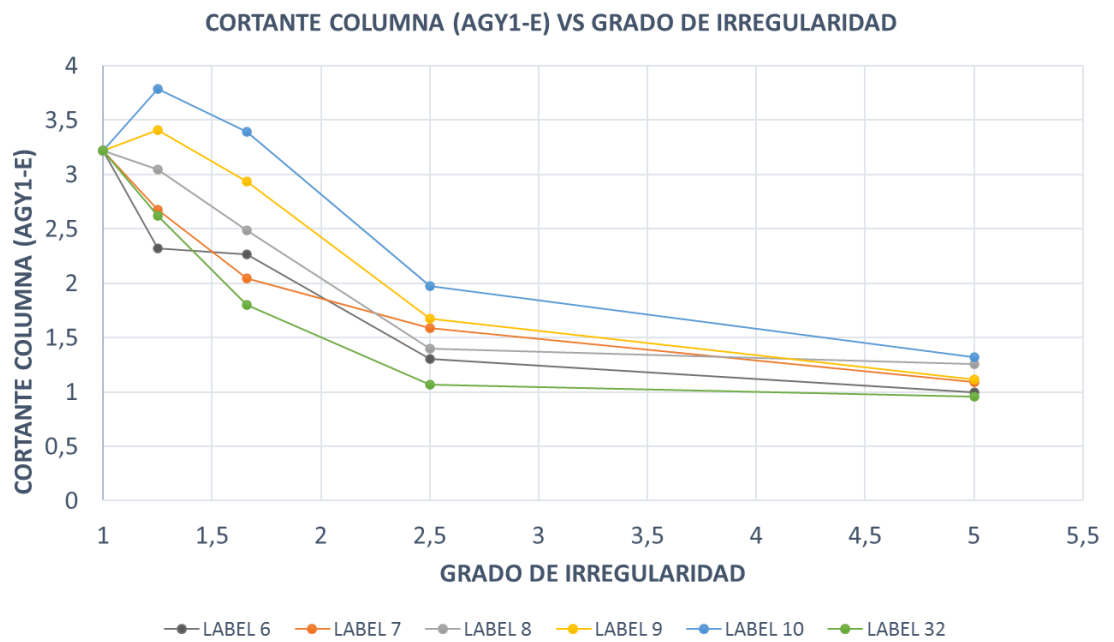
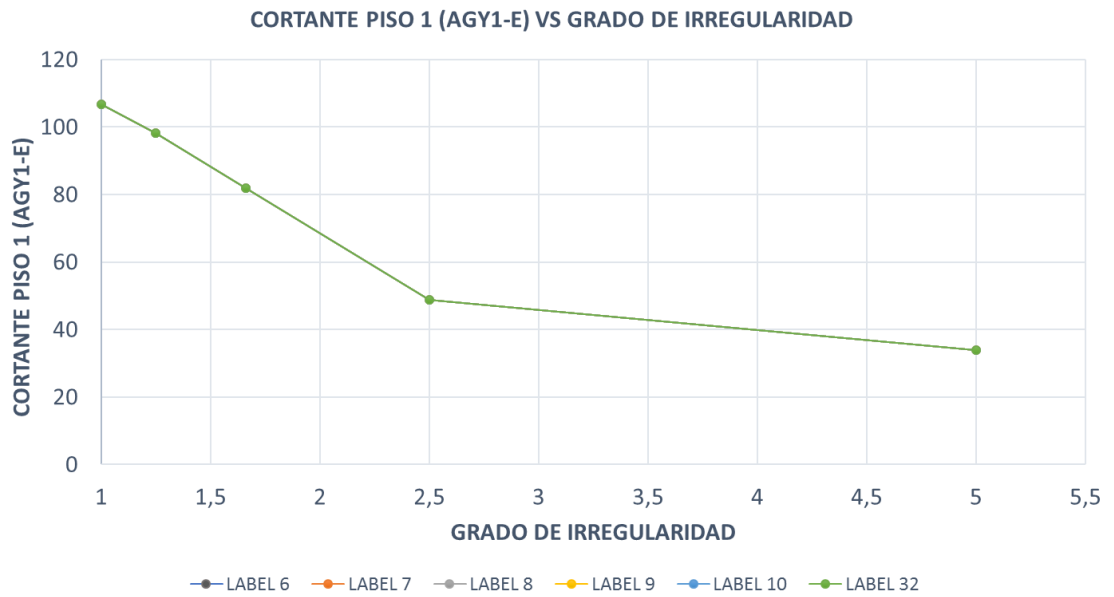


**% NORMALIZADO (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



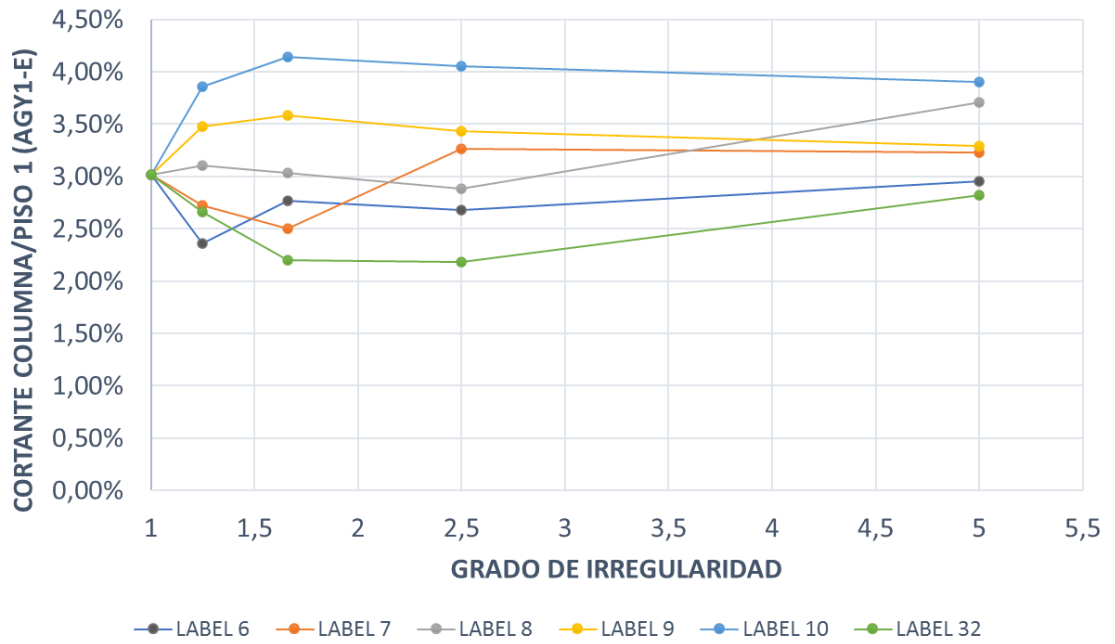
## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

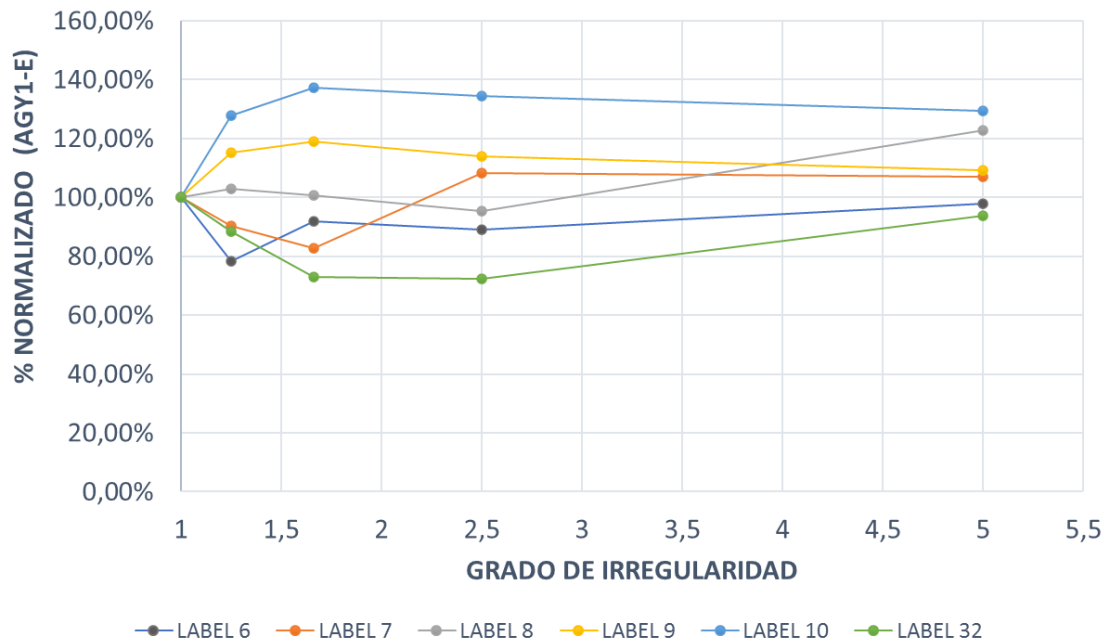




**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

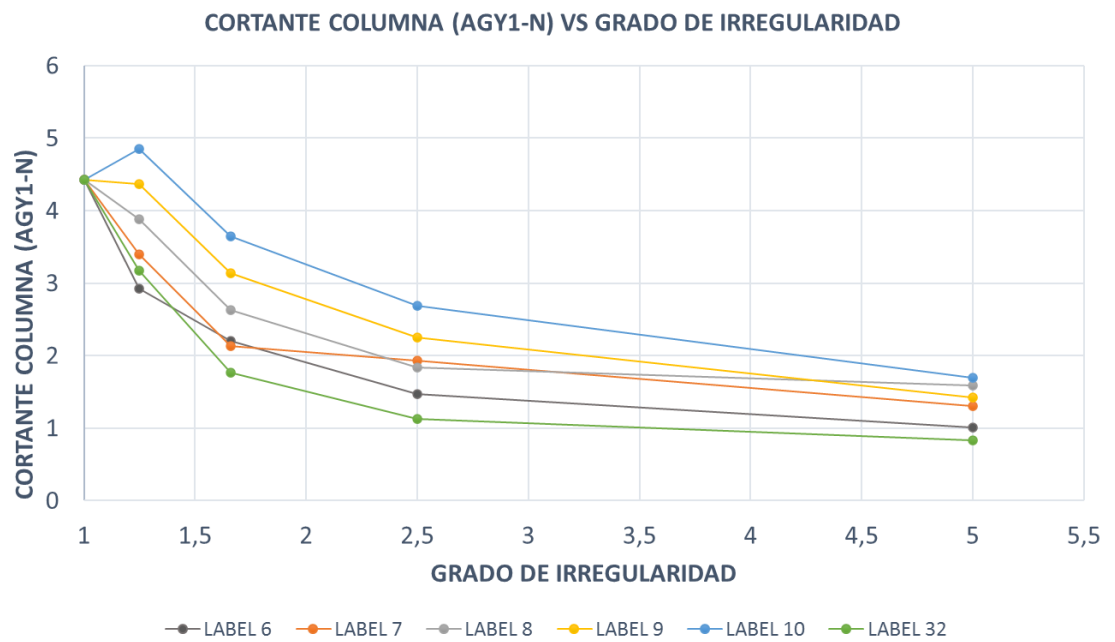
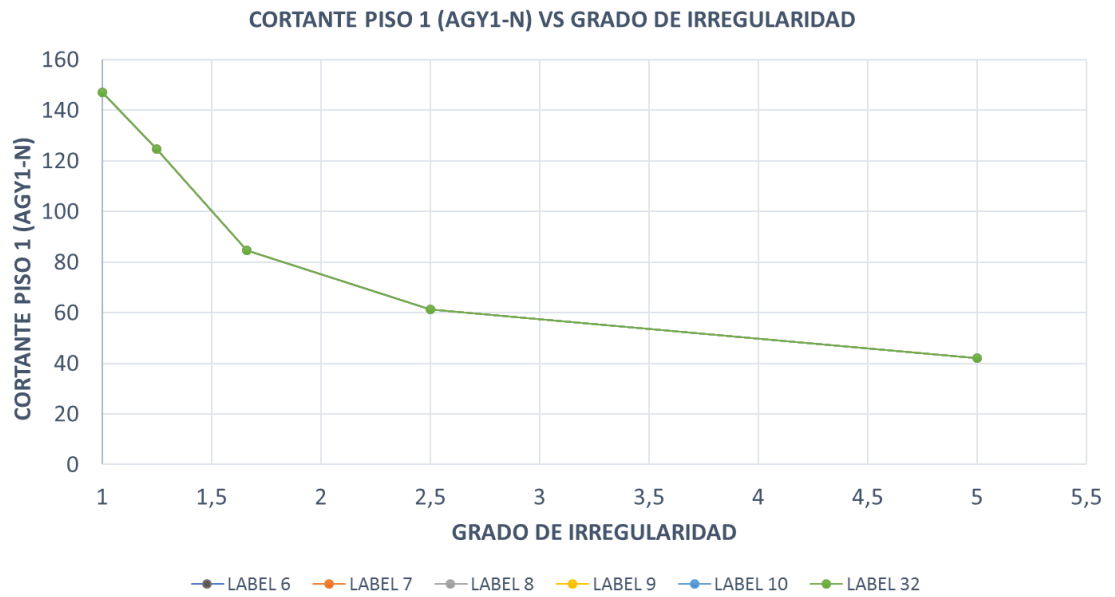


**% NORMALIZADO (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

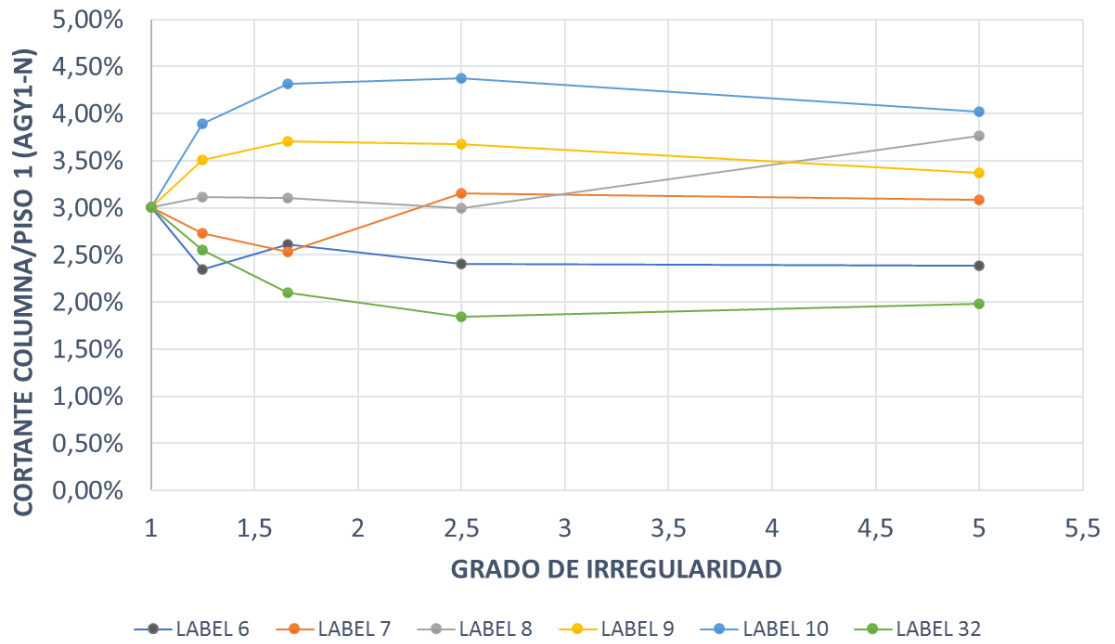


## COLUMNAS PRIMER PISO: CASOS TIPO B

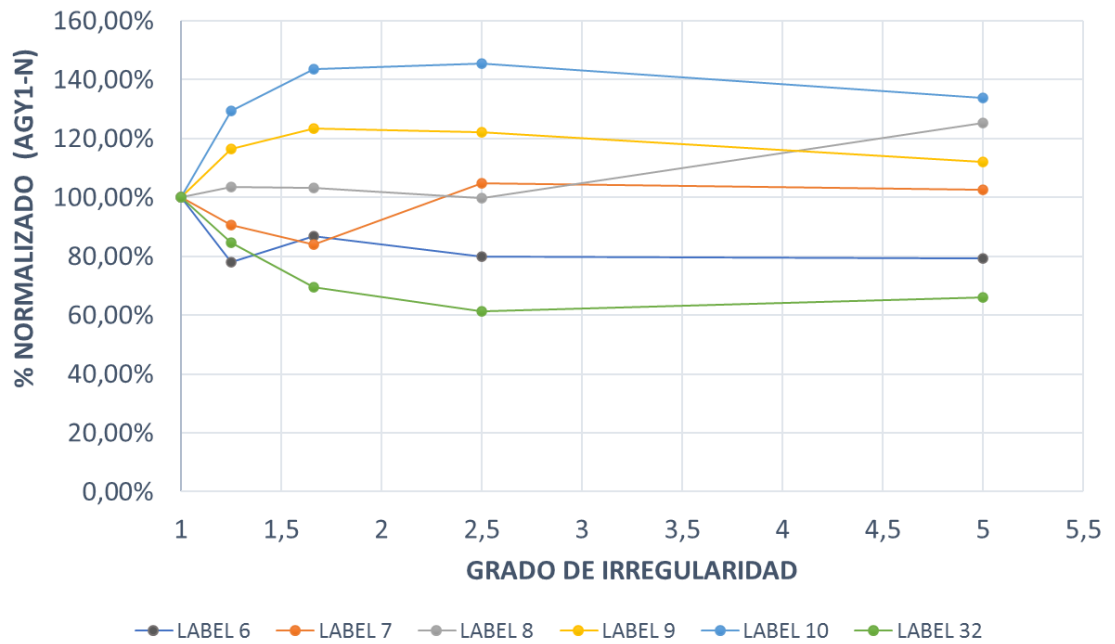
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 1 (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

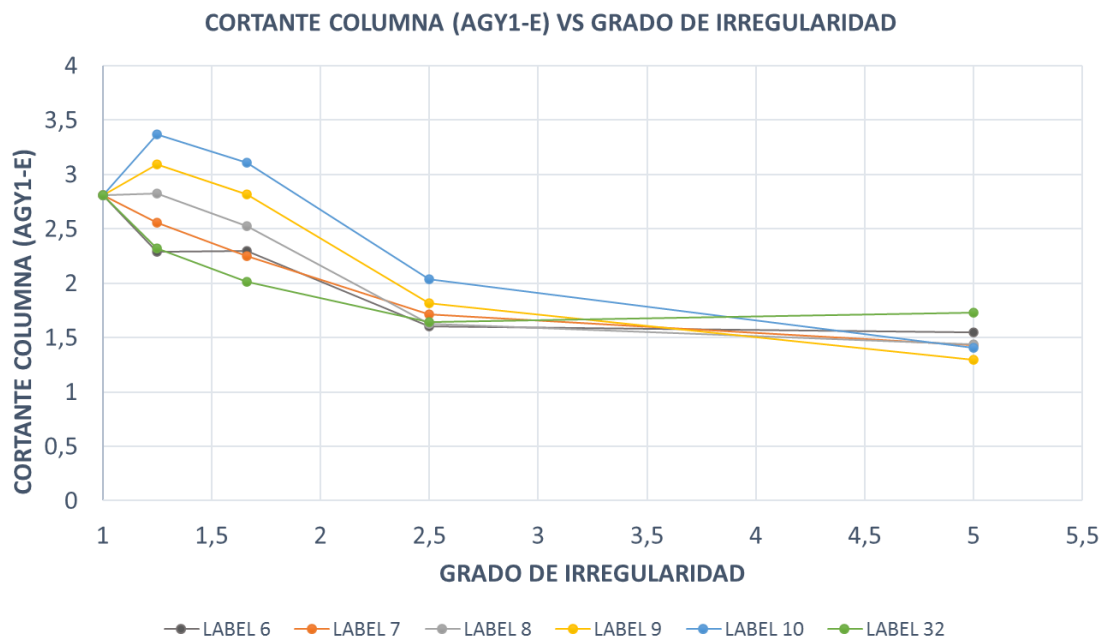
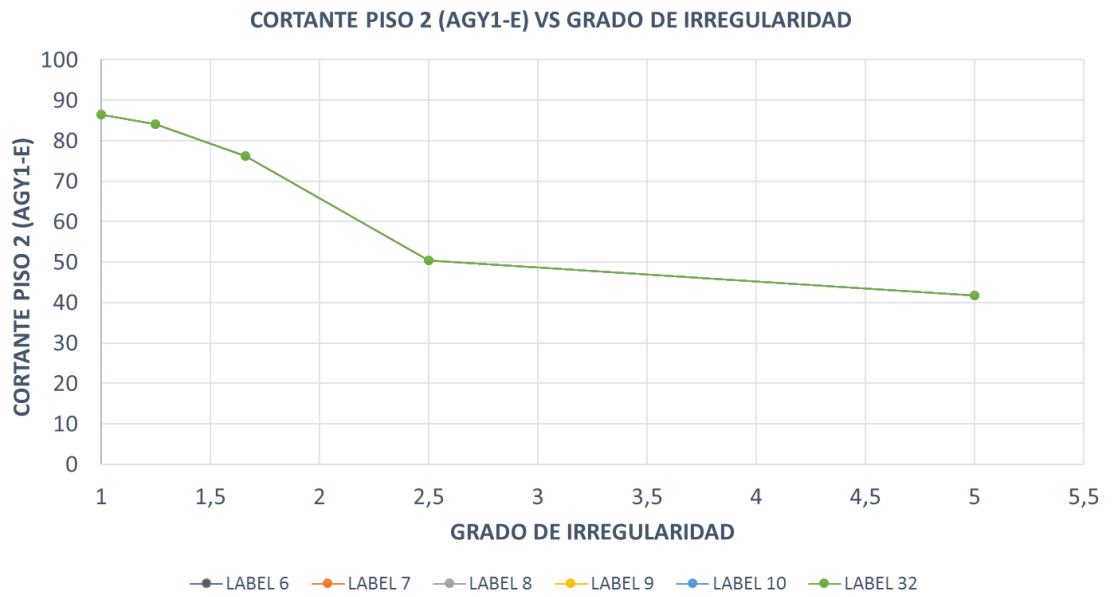


**% NORMALIZADO (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

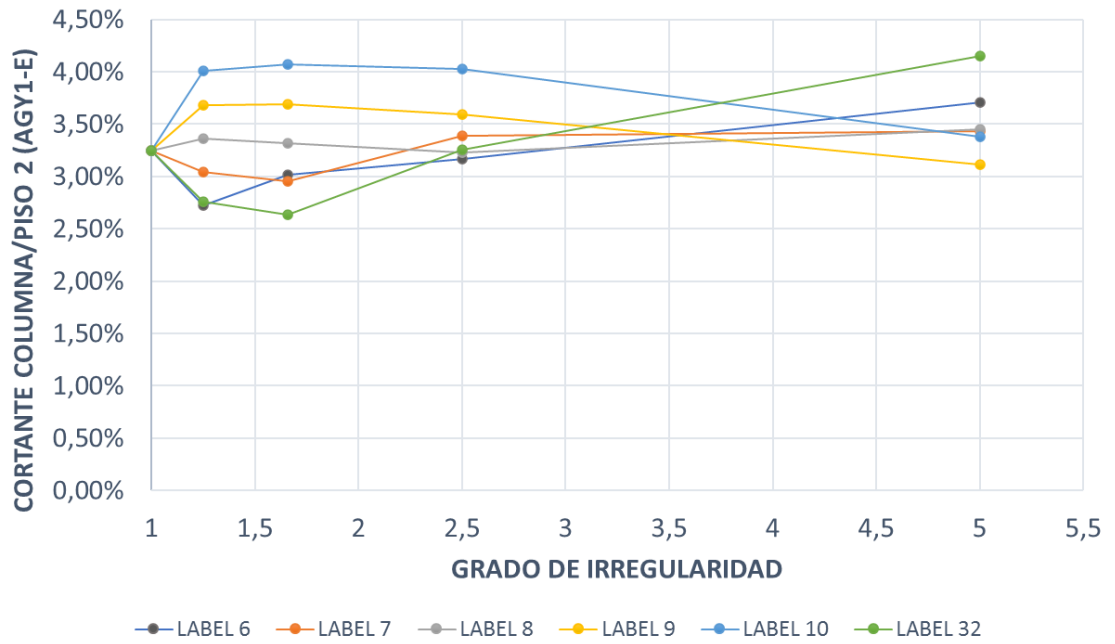


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

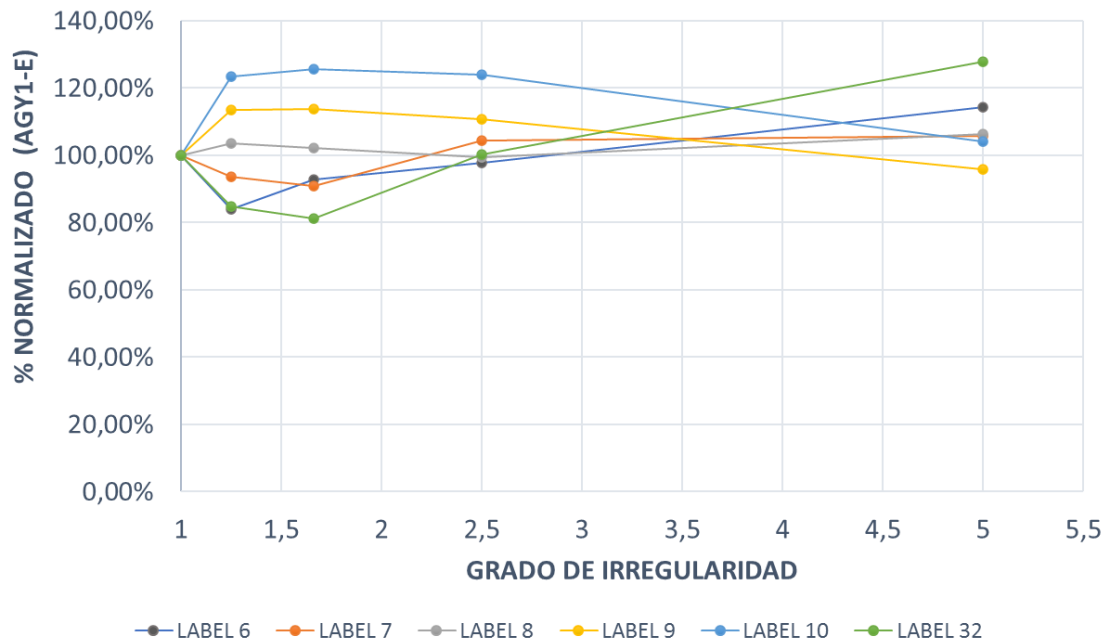
### COORDENADA ESTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

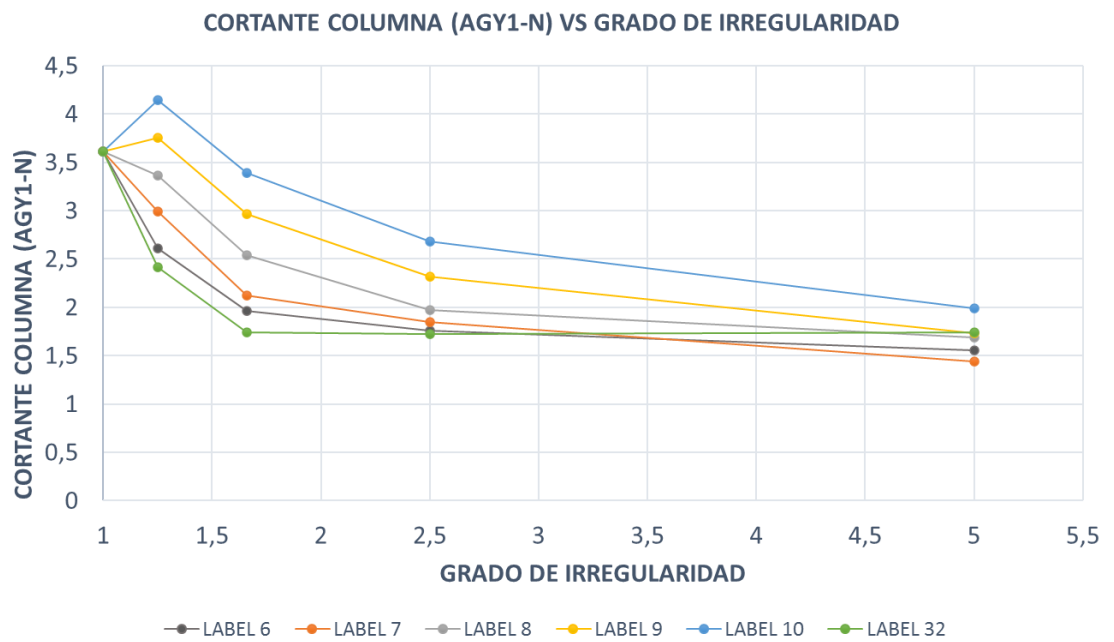
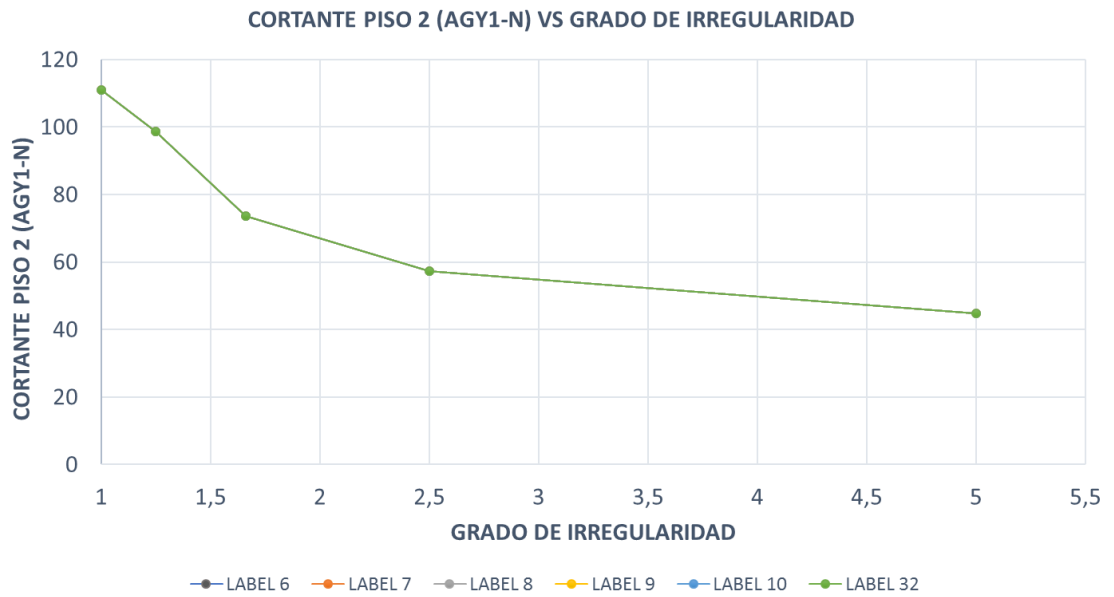


**% NORMALIZADO (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

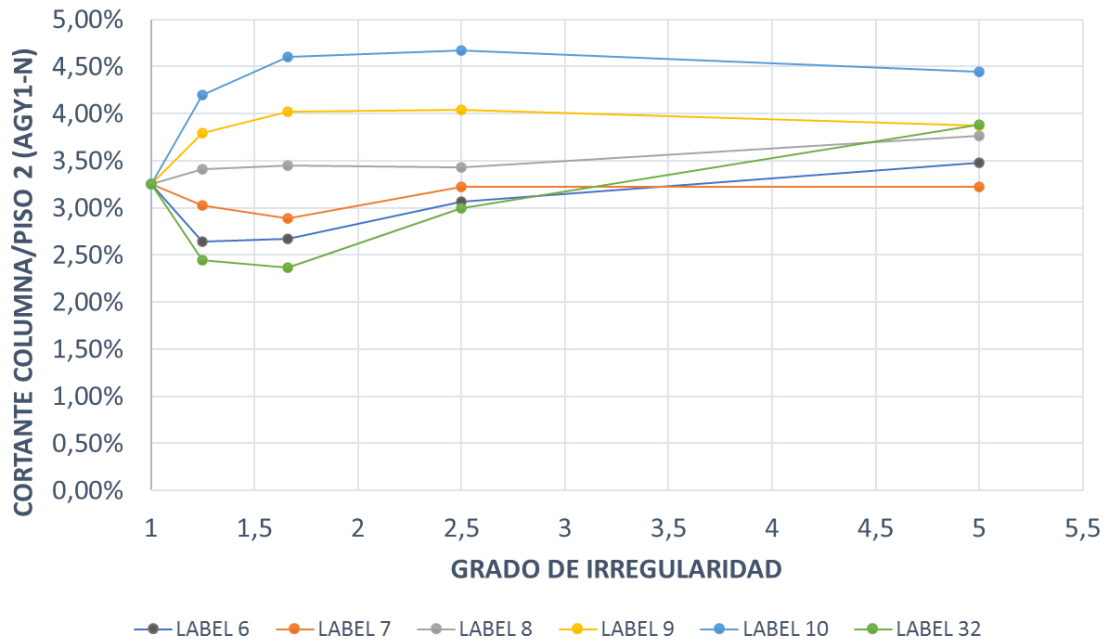


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO A

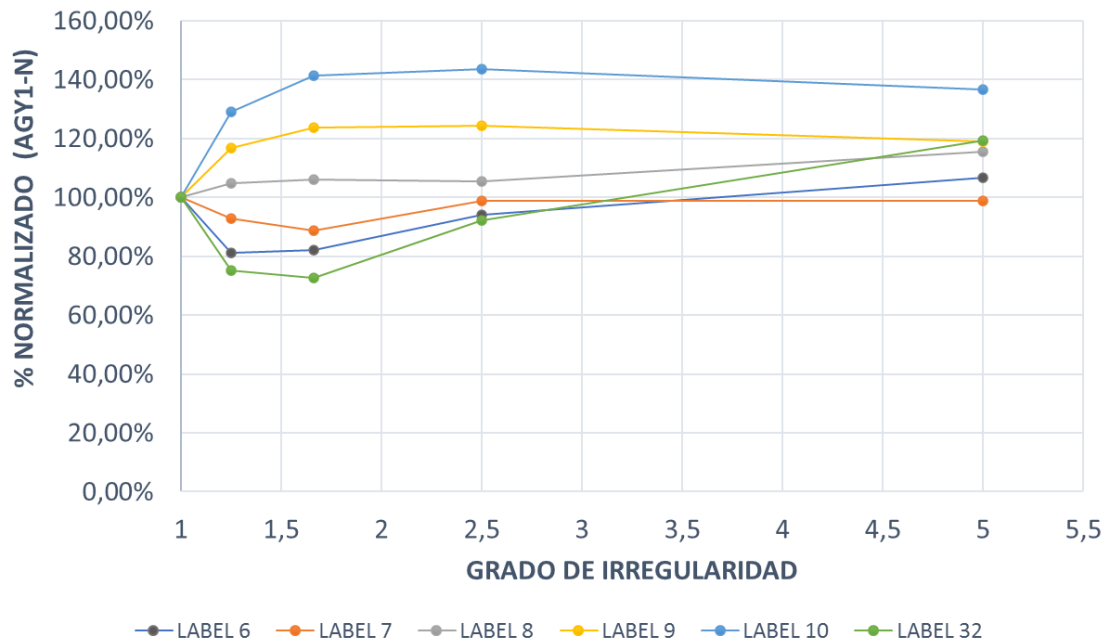
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

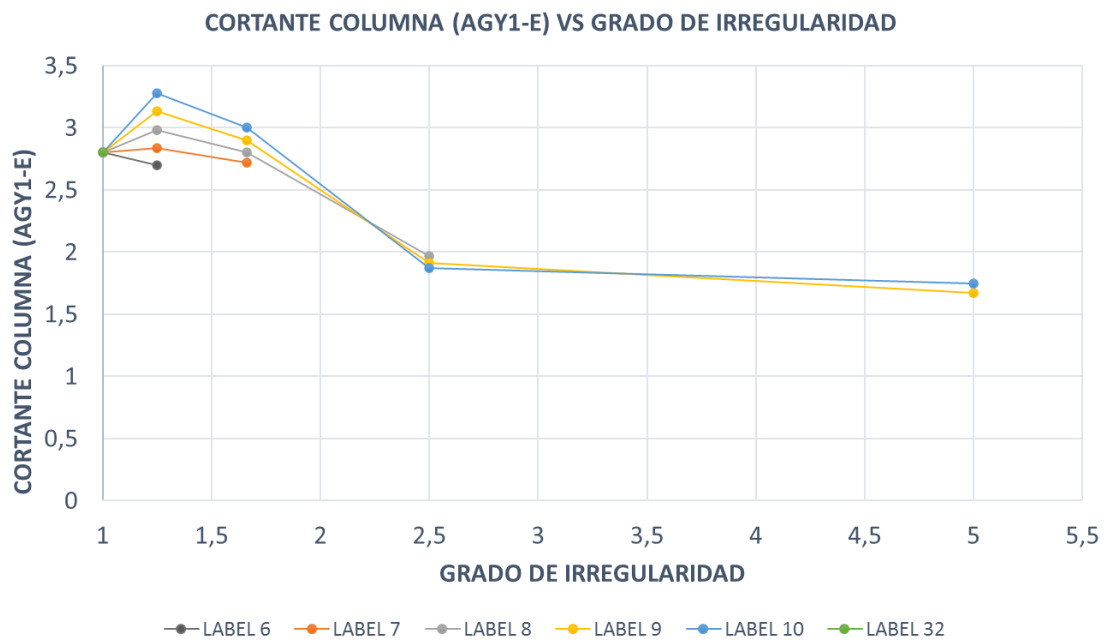
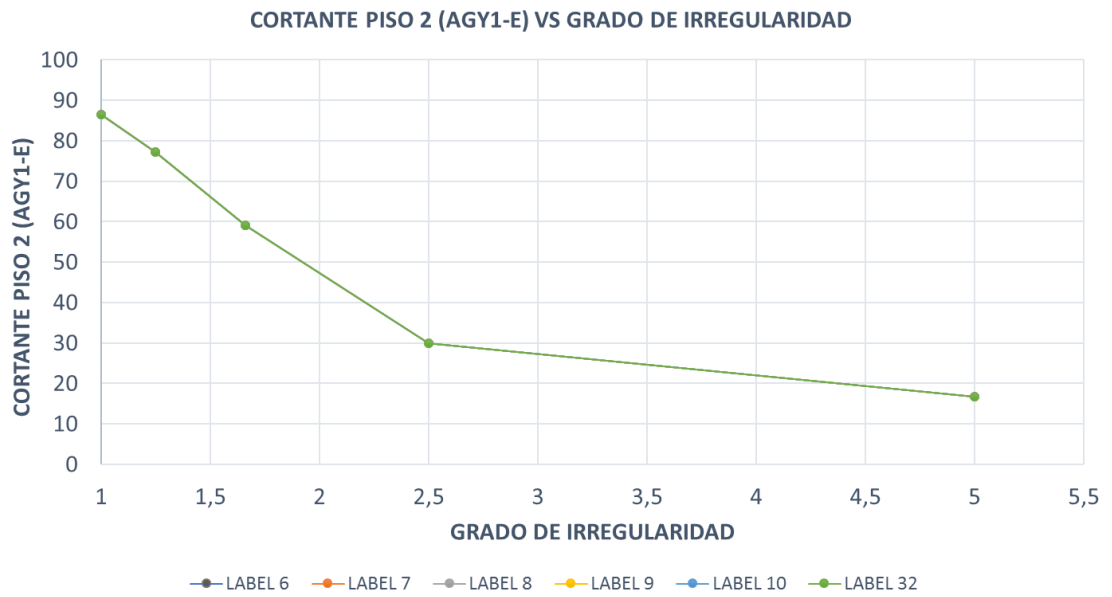


**% NORMALIZADO (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



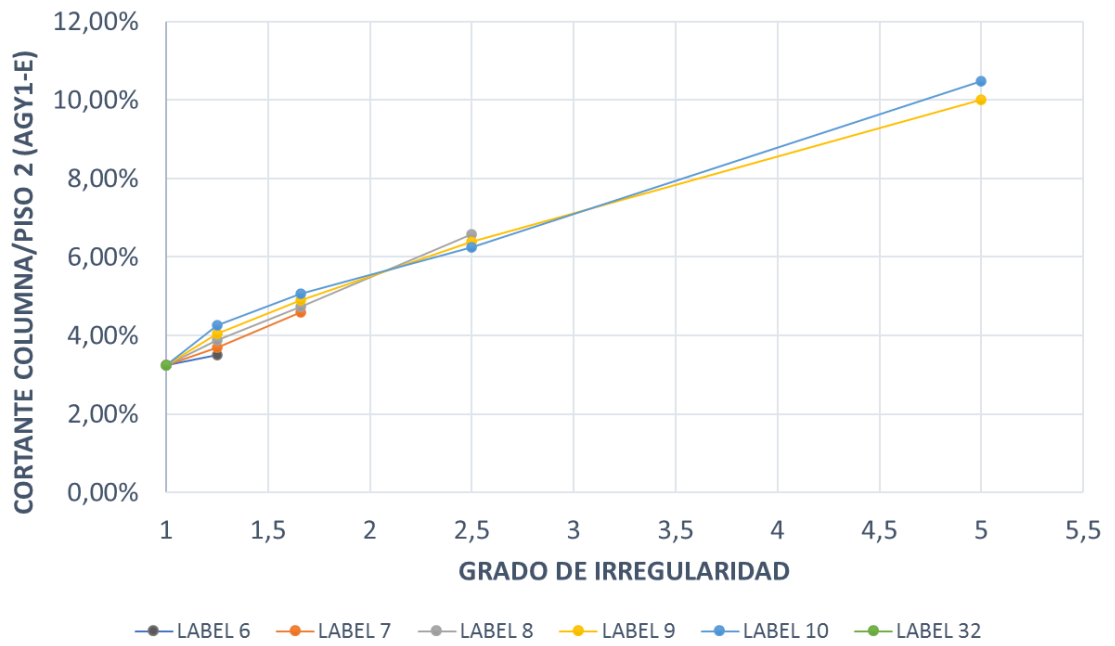
## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

### COORDENADA ESTE

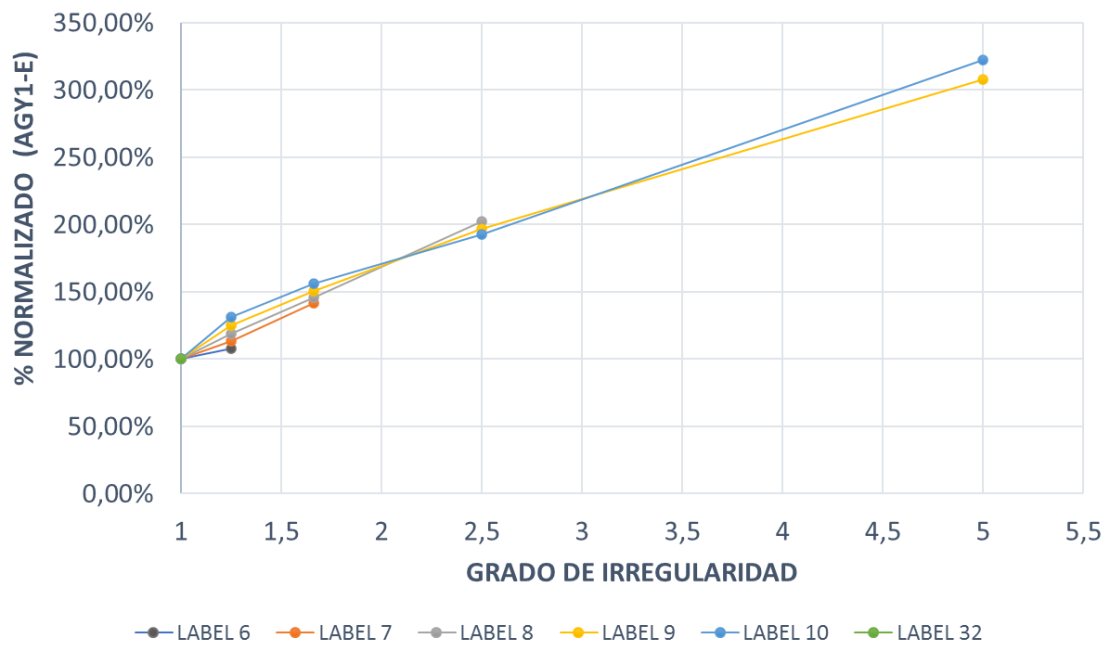




**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

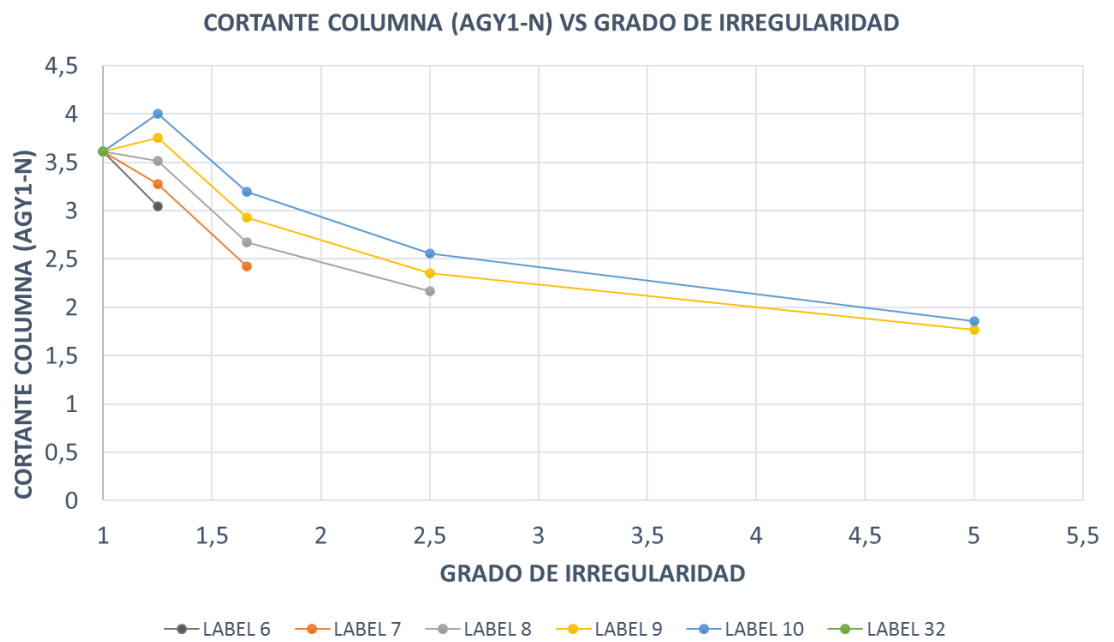
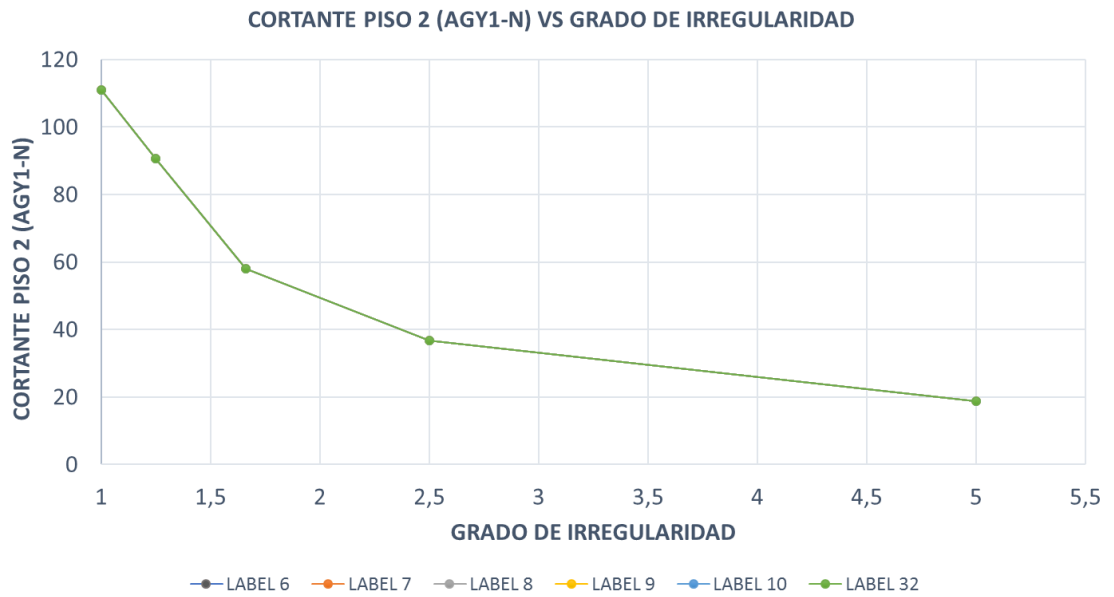


**% NORMALIZADO (AGY1-E) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**

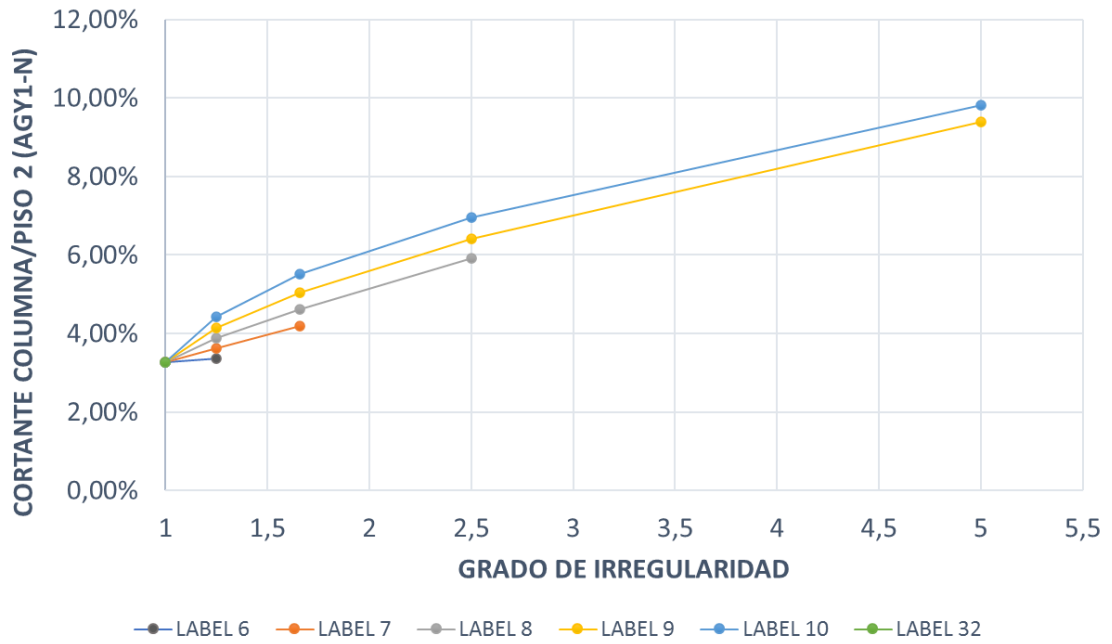


## COLUMNAS SEGUNDO PISO: CASOS TIPO B

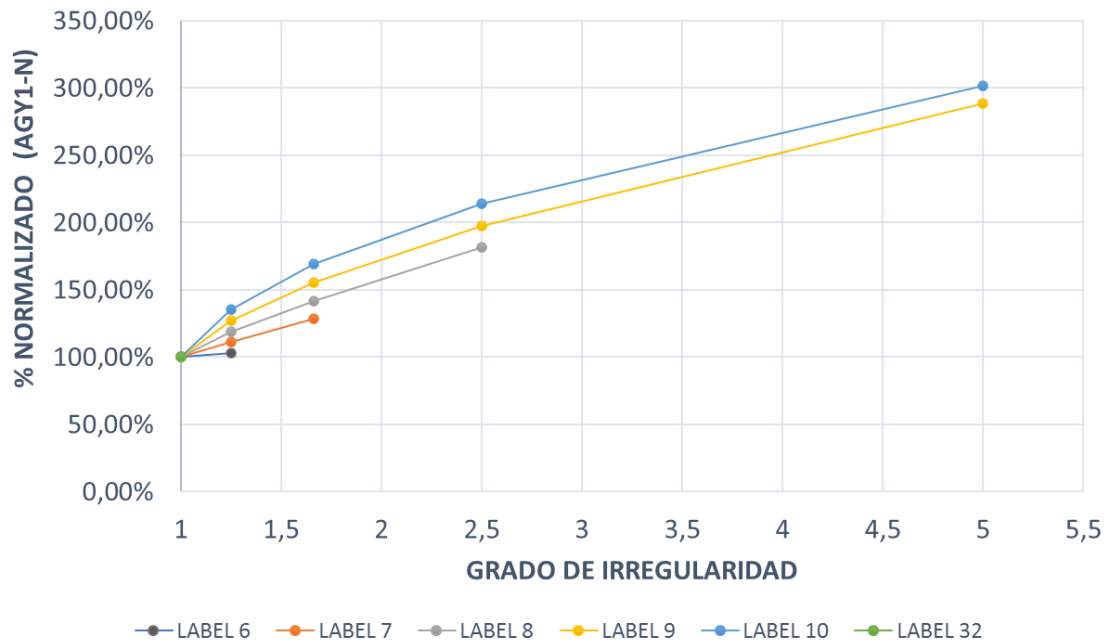
### COORDENADA NORTE



**CORTANTE COLUMNA/PISO 2 (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



**% NORMALIZADO (AGY1-N) VS GRADO DE IRREGULARIDAD**



## BIBLIOGRAFIA

- ATC-3-06, T. D. (1978). ATC-3-06 Amended Tentative Provisions for the Development of Seismic Regulations for Buildings.
- Brusa, C. (2017). HISTORIA SISMICA DE ITALIA.
- BSSC. (2016). Building Seismic Safety Council. *Recommended Seismic Provisions for New Buildings And Other Structures Fema P-750*, 388. Retrieved from [http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1730-25045-1580/femap\\_750.pdf](http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1730-25045-1580/femap_750.pdf)
- Christopher Arnold- Robert Reitherman. (1987). Configuración y diseño sísmico de edificios.
- FEMA. (2018). Strategic Plan 2018-2022. Helping People. Together., 1–32. Retrieved from [https://www.fema.gov/media-library-data/1533052524696-b5137201a4614ade5e0129ef01cbf661/strat\\_plan.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1533052524696-b5137201a4614ade5e0129ef01cbf661/strat_plan.pdf)  
<http://sunnybrook.ca/uploads/1/welcome/strategy/sunnybrook-strategic-plan-2015.pdf>
- Franciscoes Martinez A, Ingeniero Industrial, sobre conocimientos y divulgación en ingeniería. (n.d.). Estructuras SismoResistentes. Analisis Modal Espectral. Capítulo 2 | xfma. Retrieved February 16, 2021, from <https://xfma.wordpress.com/2013/02/19/estructuras-sismoresistentes-analisis-modal-espectral-capitulo-2/>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, & Cámara de la Industria de la Construcción. (2015). *NEC Norma Ecuatoriana de la Construcción. Norma Ecuatoriana de la Construcción*. Retrieved from <http://www.indeci.gob.pe/proyecto58530/objetos/archivos/20110606102841.pdf>  
<https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-Sísmico-parte-1.pdf> (in spanish)

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, & Secretaría de Gestión de Riesgos. (2016). Guía práctica para evaluación sísmica y rehabilitación de estructuras, de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, 185. Retrieved from <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/GUIA-5-EVALUACION-Y-REHABILITACION1.pdf>

NEC\_SE\_CG. (2015). *Cargas (no sísmicas)*.

NEC\_SE\_DS. (2015). *Peligro sísmico*.

Terremoto del 5 de agosto de 1949 - Instituto Geofísico - EPN. (2013). Retrieved February 15, 2021, from <https://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/805-terremoto-del-5-de-agosto-de-1949>

Uniform Building Code. (n.d.). Uniform Building Code.



## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Méndez Rugel Carlos José**, con C.C: # 0925335176 autor del trabajo de titulación: **Efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural Empleado** previo a la obtención del título de **INGENIERO CIVIL** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 15 de marzo de 2021

f. \_\_\_\_\_

Nombre: **Méndez Rugel Carlos José**

C.C: **0925335176**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

<b>TEMA Y SUBTEMA:</b>	Efectos de la Irregularidad Geométrica en Elevación en la Respuesta de Edificios en Función del Análisis Estructural Empleado		
<b>AUTOR(ES)</b>	Carlos José Méndez Rugel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Jaime Francisco Hernández Barredo		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago De Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Ingeniería		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Civil		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Civil		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	15 de marzo de 2021	<b>No. PÁGINAS:</b>	<b>DE</b> 177
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	INGENIERÍA CIVIL, ESTRUCTURAL, SÍSMICA		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Estático Equivalente, Modal Espectral, Paso a Paso en el Tiempo, cortante basal, grado de irregularidad, cortantes columnas		
<b>RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):</b>	<p>A pesar de los daños ocurridos en las estructuras analizadas como consecuencia de los sismos en las diferentes partes del mundo se siguen cometiendo los mismos errores y dejando de lado el estudio de la configuración estructural la misma que es de suma importancia al momento de un diseño sismo resistente. La metodología empleada consiste en analizar una edificación completamente regular, para modificarla de tal forma que su grado de irregularidad vaya aumentando creando así diversos casos de análisis. La estructura será analizada mediando los análisis: Estático Equivalente, Modal Espectral y Paso a Paso en el Tiempo. Una vez obtenidos los datos iniciales y realizados los casos de análisis se procede a la obtención de resultados. Los resultados que se analizarán son el cómo varía el cortante total o cortante basal de una estructura a media de como aumenta el grado de irregularidad, y como varía tanto en valor numérico como porcentual el cortante que recibe cada columna de la estructura.</p>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593-993180046	<b>E-mail:</b> carlosmendezrugel@outlook.es	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):</b>	<b>Nombre:</b> Glas Cevallos Clara Catalina		
	<b>Teléfono:</b> +593-984616792		
	<b>E-mail:</b> clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			