
ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN 1

- 1.1 OBJETIVOS DE LA TESIS 4
- 1.2 ESTRUCTURA DE LA TESIS 5

CAPÍTULO II

ESTADO DEL ARTE 7

- 2.1 INTRODUCCIÓN..... 7
- 2.2 HUECOS DE TENSIÓN..... 9
 - 2.2.1 Definición 9
 - 2.2.2 Mecanismos de generación..... 10
 - 2.2.2.1 Cortocircuitos 10
 - 2.2.2.1.1 Influencia de los cortocircuitos en media tensión 10
 - 2.2.2.1.2 Influencia de los cortocircuitos en baja tensión 11
 - 2.2.2.1.3 Causas de cortocircuitos 12
 - 2.2.2.2 Huecos causados por operaciones diversas en la redes y arranques de grandes cargas 13
 - 2.2.3 Parámetros de huecos de tensión 13
 - 2.2.3.1 Profundidad 13
 - 2.2.3.2 Duración 14
 - 2.2.3.3 Valor de referencia 14
- 2.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS HUECOS DE TENSIÓN..... 16
 - 2.3.1 Caracterización $\Delta U-\Delta t$ 16
 - 2.3.2 Caracterización por su energía..... 18
 - 2.3.3 Caracterización considerando las tres fases 19
 - 2.3.3.1 Caracterización por tipos de huecos 19
 - 2.3.3.2 Caracterización fasorial 21
 - 2.3.4 Caracterización por índice severidad-duración (DSI)..... 25
- 2.4 ÍNDICES PARA HUECOS DE TENSIÓN..... 26
 - 2.4.1 Introducción..... 26
 - 2.4.2 Índices de sitio 28
 - 2.4.2.1 Índices de sitio para obtener el número de eventos 28
 - 2.4.2.2 Índices de sitio para obtener el tiempo de duración de los eventos 29

2.4.2.3	Índices de sitio para obtener el coste económico.....	31
2.4.3	Índices de sistemas	31
2.4.2.1	Índices de sistemas para obtener el número de eventos	32
2.4.2.2	Índices de sistemas para obtener el tiempo de duración de los eventos	33
2.4.2.3	Índices de sistemas para obtener el coste económico	33
2.4.4	Métodología para la obtención de índices	35
2.5	DISPOSITIVOS SENSIBLES A HUECOS DE TENSIÓN.....	39
2.5.1	Introducción.....	39
2.5.2	Elementos de cómputo, electrónicos y de control	39
2.5.3	Dispositivos de control de velocidad ac	41
2.5.3.1	Operación de los dispositivos de control de velocidad ac.....	41
2.5.4	Dispositivos de control de velocidad dc	42
2.5.4.1	Operación de los dispositivos de control de velocidad dc	43
2.5.5	Máquinas ac.....	45
2.5.5.1	Máquinas de inducción.....	45
2.5.5.2	Máquinas síncronas	45
2.5.6	Otros dispositivos	47
2.6	ESTABLECIMIENTO DE NIVELES DE CALIDAD Y SU REPERCUSIÓN ECONÓMICA.....	49
2.6.1	Introducción.....	49
2.6.2	Evaluación de los niveles de perturbación y su repercusión económica para interrupciones y armónicos.....	49
2.6.2.1	Límites de los niveles de perturbación para interrupciones	50
2.6.2.1.1	Aplicación para el caso español.....	50
2.6.2.1.2	Aplicación para el caso colombiano	53
2.6.2.2	Límites de los niveles de perturbación para armónicos	55
2.6.3	Evaluación de los niveles de perturbación y su repercusión económica para huecos de tensión.....	60

CAPÍTULO III

ANÁLISIS TIPOLÓGICO Y CLASIFICACIÓN DE HUECOS DE TENSIÓN..... 65

3.1	INTRODUCCIÓN.....	65
3.2	BASE DE DATOS	66
3.2.1	Registros de huecos.....	66
3.2.2	Procesamiento de datos	66
3.3	PROBLEMÁTICA DE UTILIZAR LA CLASIFICACIÓN EXISTENTE.....	69
3.4	SIMULACIÓN	71
3.4.1	Modelo empleado..	71
3.4.1.1	Descripción de los elementos de la red.....	72
3.4.1.2	Redes de secuencia	74
3.4.1.2.1	Redes de secuencia para cortocircuitos en AT.....	74

3.4.1.2.2	Redes de secuencia para cortocircuitos en MT	75
3.4.2	Estudio de los parámetros significativos	76
3.4.2.1	Lugar donde ha ocurrido y se ha medido el cortocircuito.....	77
3.4.2.2	Resistencia de falta a tierra	78
3.4.2.3	Resistencia entre fases	79
3.4.2.4	Distancia al cortocircuito.....	80
3.4.2.5	Influencia de la parte resistiva de la impedancia de línea	81
3.4.2.6	Análisis de las causas que generan los tipos de huecos a partir de los factores estudiados	82
3.5	PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA	84
3.5.1	Planteamiento de la nueva metodología	84
3.5.2	Clasificación de registros reales a partir de la clasificación fasorial y la nueva metodología de evaluación propuesta.....	87
3.5.2.1	Resultados estadísticos y análisis	88

CAPÍTULO IV

PROPUESTA DE ÍNDICES..... 95

4.1	INTRODUCCIÓN.....	95
4.2	PLANTEAMIENTO DE LOS ÍNDICES PARA HUECOS DE TENSIÓN	97
4.2.1	Cálculo del factor de hueco	97
4.2.2	Elementos de cómputo, electrónicos y de control.....	101
4.2.3	Dispositivos de control de velocidad ac.....	102
4.2.3.1	Huecos trifásicos balanceados	102
4.2.3.2	Huecos trifásicos desbalanceados.....	103
4.2.4	Dispositivos de control de velocidad dc.....	106
4.2.4.1	Huecos trifásicos balanceados	106
4.2.4.2	Huecos trifásicos desbalanceados	109
4.2.5	Máquinas de ac.....	114
4.2.5.1	Máquinas de inducción	114
4.2.5.2	Máquinas síncronas	116
4.3	ÍNDICES DE SITIO PARA HUECOS DE TENSIÓN... ..	119
4.3.1	Número equivalente de huecos de tensión	119
4.3.2	Tiempo equivalente de descenso de tensión.	121
4.4	ÍNDICES DE SISTEMA PARA HUECOS DE TENSIÓN... ..	124
4.4.1	Índice de sistema para el número de huecos de tensión	124
4.4.2	Índice de sistema para el tiempo de duración de los huecos de tensión.....	124

CAPÍTULO V

APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES..... 127

5.1	INTRODUCCIÓN.....	127
-----	-------------------	-----

5.2	GENERALIDADES DEL SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO COLOMBIANO.....	128
5.3	MODELAMIENTO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO COLOMBIANO	130
5.4	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN Y ANÁLISIS PARA EL SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO COLOMBIANO	134
5.4.1	Para índices de sitio	134
5.4.1.1	Resultados y análisis para faltas en tres posiciones diferentes de las líneas	139
5.4.2	Para índices de sistema	143
5.5	APLICACIÓN DE LOS ÍNDICES Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS PARA EL SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO ESPAÑOL	145
5.5.1	Para índices de sitio	146
5.5.2	Para índices de sistema	147

CAPÍTULO VI

METODOLOGÍA PARA EVALUAR LOS NIVELES DE CALIDAD DE LA ENERGÍA POR HUECOS DE TENSIÓN EN EL SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO COLOMBIANO 149

6.1	INTRODUCCIÓN.....	149
6.2	EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD DEL SUMINISTRO EN EL SISTEMA ELÉCTRICO COLOMBIANO.	151
6.3	METODOLOGÍA PROPUESTA	153
6.4	VENTAJAS E INCONVENIENTES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA.....	159
6.4.1	Ventajas	159
6.4.2	Inconvenientes	159

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES..... 161

7.1	RESUMEN, CONCLUSIONES Y APORTACIONES DE LA TESIS....	161
7.1.1	Resumen y Conclusiones	161
7.1.2	Aportaciones.....	165
7.2	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	166

CAPÍTULO VIII

BIBLIOGRAFÍA..... 167

ANEXO I

RESULTADOS GRÁFICOS DE LA SIMULACIÓN..... 173

ANEXO II

**REGISTROS MEDIDOS EN PUNTOS DE BT Y MT DEL
SISTEMA DE POTENCIA ELÉCTRICO ESPAÑOL 197**

ANEXO III

**PARÁMETROS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE
POTENCIA ELÉCTRICO COLOMBIANO 213**

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1	Hueco de tensión: a) Valor eficaz. b) Valor instantáneo	9
Fig. 2	Transmisión de huecos de tensión en media tensión	11
Fig. 3	Secuencia de eliminación de una falta.....	12
Fig. 4	a) Caracterización de un hueco de amplitud constante. b) Caracterización de un hueco de amplitud variable.....	16
Fig. 5	Curvas CBEMA.....	17
Fig. 6	Curvas ITIC y SEMI.....	18
Fig. 7	Caracterización por tipos de huecos	20
Fig. 8	Modelo equivalente de un sistema de potencia	22
Fig. 9	Área de incertidumbre de la curva de tolerancia de voltaje del equipo	25
Fig. 10	Estructura general para la obtención de índices para huecos de tensión equivalente de un sistema de potencia	36
Fig. 11	Características de coordinación de hueco de tensión de acuerdo al IEEE Std.493	37
Fig. 12	Suministro de energía a ordenadores	39
Fig. 13	Efecto de un hueco de tensión monofásico sobre el voltaje de la etapa de continua Vdc.....	40
Fig. 14	Configuración típica de un dispositivo de ajuste de velocidad <i>ac</i>	41
Fig. 15	Voltaje y frecuencia en función de la velocidad para un dispositivo de ajuste de velocidad de <i>ac</i>	42
Fig. 16	Dispositivo de control de velocidad <i>dc</i> con excitación separada de los devanados de armadura y de campo.....	43
Fig. 17	Características mecánicas de un motor de inducción para tensiones U_N (nominal) y U_I (durante el hueco).....	45
Fig. 18	Diagrama de tensiones por fase de estator, despreciando la resistencia por fase.....	46
Fig. 19	Características par-velocidad de un motor síncrono.....	47
Fig. 20	Diagrama del procedimiento de evaluación de los niveles de perturbación para armónicos.....	56
Fig. 21	Curva voltaje-tolerancia de los equipos.....	62
Fig. 22	Región de incertidumbre para curvas de sensibilidad de PC_s , PLC_s y ASD_s	62

Fig. 23	Diagrama de flujo para el procesamiento de la información de los registros reales de huecos de tensión	67
Fig. 24	Diagrama unifilar de la red analizada	71
Fig. 25	Diagrama trifilar del transformador AT/MT y de la reactancia Zig-Zag	74
Fig. 26	Diagrama unifilar de la red para falta en el lado de AT	74
Fig. 27	Diagrama unifilar de la red con todos los componentes referidos al lado de MT	76
Fig. 28	a) Cortocircuito bifásico. b) Cortocircuito bifásico a tierra	79
Fig. 29	Equivalente Thévenin monofásico de un cortocircuito franco a tierra	81
Fig. 30	Diagrama de flujo para la evaluación de huecos de tensión	87
Fig. 31	Porcentajes para cada tipo de hueco de acuerdo a: a) Metodología de clasificación fasorial; b) Nueva metodología propuesta	89
Fig. 32	Descomposición de la nueva evaluación en la clasificación fasorial	91
Fig. 33	Descomposición de la clasificación fasorial en la nueva evaluación	92
Fig. 34	Valores límites entre los que varía fh para diferentes fases caídas	100
Fig. 35	Efecto de un hueco de tensión monofásico sobre el voltaje de la etapa de continua V_{dc} en un elemento de cómputo	101
Fig. 36	Voltaje durante un hueco trifásico desbalanceado tipo C	104
Fig. 37	Voltaje durante un hueco trifásico desbalanceado tipo D	105
Fig. 38	Circuito equivalente para un motor dc durante transitorios	107
Fig. 39	Comportamiento del motor dc frente a un hueco desbalanceado trifásico del 80%. a) Corriente de armadura, b) Par eléctrico, c) Corriente de campo, d) Velocidad del motor	109
Fig. 40	Comportamiento del motor dc frente a un hueco desbalanceado tipo D. a) Corriente de armadura, b) Par eléctrico, c) Corriente de campo, d) Velocidad del motor	111
Fig. 41	Comportamiento del motor dc frente a un hueco desbalanceado tipo C. a) Corriente de armadura, b) Par eléctrico, c) Corriente de campo, d) Velocidad del motor	112
Fig. 42	Diagramas unifilares del sistema de potencia. a) Sistema interconectado nacional de Colombia. b) Zona nororiental. c) Zona norte	129
Fig. 43	Redes de secuencia para la zona nororiental. a) Secuencia directa. b) secuencia inversa. c) Secuencia homopolar	131
Fig. 44	Redes de secuencia para la zona norte. a) Secuencia directa. b) secuencia inversa. c) Secuencia homopolar	132
Fig. 45	a) Correlación entre NEH y TED , para la zona nororiental. b) entre NEH y TED , para la zona norte	142

Fig. 46	Metodología propuesta para evaluar los límites de perturbación y los costes financieros por huecos de tensión en el sistema eléctrico colombiano.....	158
---------	---	-----

GRÁFICOS ANEXOS

ANEXO I

Grá. 1	Falta monofásica a tierra en alta tensión, en la fase R. Tensiones simples y compuestas en MT.....	174
Grá. 2	Falta bifásica en alta tensión, en las fases R y S. Tensiones simples y compuestas en MT.....	175
Grá. 3	Falta bifásica a tierra en alta tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT.....	176
Grá. 4	Doble falta monofásica a tierra en alta tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT.....	177
Grá. 5	Falta monofásica en media tensión, en la fase R. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	178
Grá. 6	Falta bifásica en media tensión, en las fases R y S. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	179
Grá. 7	Falta bifásica a tierra en media tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	180
Grá. 8	Doble falta monofásica a tierra en media tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	181
Grá. 9	Falta trifásica a tierra en media tensión. Tensiones simples en MT, en la subestación B.....	182
Grá. 10	Falta monofásica en media tensión, en la fase R. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación A.....	183
Grá. 11	Falta bifásica en media tensión, en las fases R y S. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación A.....	184
Grá. 12	Falta bifásica a tierra en media tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación A.....	185
Grá. 13	Doble falta monofásica a tierra en media tensión, en las fases S y T. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación A.....	186
Grá. 14	Falta trifásica a tierra en media tensión. Tensiones simples en MT, en la subestación A.....	187
Grá. 15	Falta bifásica a tierra en alta tensión, en las fases S y T, a dos distancias diferentes del punto de evaluación y dos resistencias entre faltas distintas. Tensiones simples en MT.....	188

Grá. 16	Falta monofásica en alta tensión, en la fase R, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT.....	189
Grá. 17	Falta bifásica en alta tensión, en las fases R y S, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT	190
Grá. 18	Falta bifásica a tierra en alta tensión, en las fases R y S, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT.....	191
Grá. 19	Doble falta monofásica a tierra en alta tensión, en las fases R y S, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT.....	192
Grá. 20	Falta monofásica en media tensión, en la fase R, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	193
Grá. 21	Falta bifásica en media tensión, en las fases R y S, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B.....	194
Grá. 22	Falta bifásica a tierra en media tensión, en las fases R y S, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B	195
Grá. 23	Doble falta monofásica a tierra en media tensión, en las fases S y T, a mitad de línea, para tres valores resistivos diferentes de la impedancia de línea. Tensiones simples y compuestas en MT, en la subestación B	196

ÍNDICE DE TABLAS

Tab. 1	Tabla profundidad-duración	17
Tab. 2	Caracterización fasorial de huecos de tensión	21
Tab. 3	Tipo de hueco en el secundario en función del tipo de hueco en el primario y del grupo de conexión	24
Tab. 4	Calidad zonal en el sistema eléctrico español.....	27
Tab. 5	Índices de sitio para huecos de tensión existentes en la literatura. Ventajas e inconvenientes	34
Tab. 6	Calidad individual en media tensión.....	50
Tab. 7	Calidad individual en baja tensión.....	51
Tab. 8	Valores máximos admisibles vigentes para DES y FES en el sistema eléctrico colombiano.....	54
Tab. 9	Factor de costo por interrupción	54
Tab. 10	Valores del factor de ponderación	55
Tab. 11	Límites de distorsión armónica total de corriente.....	58
Tab. 12	Límites de distorsión armónica total de tensión	59
Tab. 13	Límites máximos de distorsión total de voltaje (THD_v)	60
Tab. 14	Registros reales de huecos de tensión medidos en la red eléctrica española.....	69
Tab. 15	Magnitudes de las tensiones compuestas en MT dependiendo del lugar donde haya ocurrido la falta	78
Tab. 16	Ejemplo de huecos de tensión medidos en el sistema de potencia eléctrico español.....	98
Tab. 17	Rango de valores para N , F_{dc} y fh	100
Tab. 18	Valores del factor de amplificación para el voltaje de la etapa de continua del dispositivo de control de velocidad ac	105
Tab. 19	Valores de los parámetros del motor para los cuatro tipos de huecos sobre el dispositivo de control de velocidad dc	112
Tab. 20	Cálculo de fh y de la correlación entre el cambio de algunas variables y fh , para la máquina dc , alimentada a través del dispositivo de control de velocidad dc	113
Tab. 21	Parámetros de la máquina de inducción y la máquina síncrona	115
Tab. 22	Cálculo de fh y de la correlación entre la magnitud de las variables y fh , para el motor de inducción.....	116
Tab. 23	Cálculo de fh y de la correlación entre la magnitud de las variables y fh , para la máquina síncrona.....	117

Tab. 24	Diferencias, ventajas y desventajas del índice <i>NEH</i> frente a los índices <i>SARFI</i> y <i>ASIDI</i>	120
Tab. 25	Diferencias, ventajas y desventajas del índice <i>TED</i> frente a los índices <i>SEI</i> y <i>ASTC</i>	122
Tab. 26	Resultados de la simulación de huecos del sistema de potencia del nororiente colombiano	134
Tab. 27	Resultados de la simulación de huecos del sistema de potencia del norte colombiano	135
Tab. 28	Número de huecos en cada barra del nororiente colombiano para cada tipo de falta	138
Tab. 29	Número de huecos en cada barra del norte colombiano para cada tipo de falta	138
Tab. 30	Número de huecos en cada barra del nororiente colombiano para faltas en tres posiciones diferentes de las líneas	140
Tab. 31	Número de huecos en cada barra del norte colombiano para faltas en tres posiciones diferentes de las líneas	140
Tab. 32	Resumen de los índices de sitio, resultados de la simulación, para las dos zonas del sistema de potencia eléctrico colombiano	142
Tab. 33	Resultados de los índices de sistema para las dos zonas del sistema de potencia eléctrico colombiano	143
Tab. 34	Características de las barras de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	145
Tab. 35	Resultado de los índices de fiabilidad para huecos de tensión en barras de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	146
Tab. 36	Resultado de los índices de sistema para huecos de tensión, en una zona de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	147
Tab. 37	Evolución histórica de los índices <i>FES</i> y <i>DES</i> en el sistema eléctrico colombiano	151

TABLAS ANEXOS

ANEXO II

Tab. 1	Parámetros de los registros medidos en puntos de baja tensión del sistema de potencia eléctrico español	198
Tab. 2	Parámetros de los registros medidos en puntos de media tensión del sistema de potencia eléctrico español. Tensiones simples sin la componente homopolar	204

Tab. 3	Registros reales de huecos de tensión medidos en puntos de BT de la red eléctrica española.....	209
--------	---	-----

ANEXO III

Tab. 1	Parámetros de las líneas para las zonas nororiental y norte del sistema de potencia eléctrico colombiano	214
Tab. 2	Parámetros de los generadores y transformadores para las zonas nororiental y norte del sistema de potencia eléctrico colombiano	216

ÍNDICE DE TABLAS

Tab. 1	Tabla profundidad-duración	17
Tab. 2	Caracterización fasorial de huecos de tensión	21
Tab. 3	Tipo de hueco en el secundario en función del tipo de hueco en el primario y del grupo de conexión	24
Tab. 4	Calidad zonal en el sistema eléctrico español.....	27
Tab. 5	Índices de sitio para huecos de tensión existentes en la literatura. Ventajas e inconvenientes	34
Tab. 6	Calidad individual en media tensión.....	50
Tab. 7	Calidad individual en baja tensión.....	51
Tab. 8	Valores máximos admisibles vigentes para DES y FES en el sistema eléctrico colombiano.....	54
Tab. 9	Factor de costo por interrupción	54
Tab. 10	Valores del factor de ponderación	55
Tab. 11	Límites de distorsión armónica total de corriente.....	58
Tab. 12	Límites de distorsión armónica total de tensión	59
Tab. 13	Límites máximos de distorsión total de voltaje (THD_v)	60
Tab. 14	Registros reales de huecos de tensión medidos en la red eléctrica española.....	69
Tab. 15	Magnitudes de las tensiones compuestas en MT dependiendo del lugar donde haya ocurrido la falta	78
Tab. 16	Ejemplo de huecos de tensión medidos en el sistema de potencia eléctrico español.....	98
Tab. 17	Rango de valores para N , F_{dc} y fh	100
Tab. 18	Valores del factor de amplificación para el voltaje de la etapa de continua del dispositivo de control de velocidad ac	105
Tab. 19	Valores de los parámetros del motor para los cuatro tipos de huecos sobre el dispositivo de control de velocidad dc	112
Tab. 20	Cálculo de fh y de la correlación entre el cambio de algunas variables y fh , para la máquina dc , alimentada a través del dispositivo de control de velocidad dc	113
Tab. 21	Parámetros de la máquina de inducción y la máquina síncrona	115
Tab. 22	Cálculo de fh y de la correlación entre la magnitud de las variables y fh , para el motor de inducción.....	116
Tab. 23	Cálculo de fh y de la correlación entre la magnitud de las variables y fh , para la máquina síncrona.....	117

Tab. 24	Diferencias, ventajas y desventajas del índice <i>NEH</i> frente a los índices <i>SARFI</i> y <i>ASIDI</i>	120
Tab. 25	Diferencias, ventajas y desventajas del índice <i>TED</i> frente a los índices <i>SEI</i> y <i>ASTC</i>	122
Tab. 26	Resultados de la simulación de huecos del sistema de potencia del nororiente colombiano	134
Tab. 27	Resultados de la simulación de huecos del sistema de potencia del norte colombiano	135
Tab. 28	Número de huecos en cada barra del nororiente colombiano para cada tipo de falta	138
Tab. 29	Número de huecos en cada barra del norte colombiano para cada tipo de falta	138
Tab. 30	Número de huecos en cada barra del nororiente colombiano para faltas en tres posiciones diferentes de las líneas	140
Tab. 31	Número de huecos en cada barra del norte colombiano para faltas en tres posiciones diferentes de las líneas	140
Tab. 32	Resumen de los índices de sitio, resultados de la simulación, para las dos zonas del sistema de potencia eléctrico colombiano	142
Tab. 33	Resultados de los índices de sistema para las dos zonas del sistema de potencia eléctrico colombiano	143
Tab. 34	Características de las barras de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	145
Tab. 35	Resultado de los índices de fiabilidad para huecos de tensión en barras de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	146
Tab. 36	Resultado de los índices de sistema para huecos de tensión, en una zona de media tensión del sistema de potencia eléctrico español	147
Tab. 37	Evolución histórica de los índices <i>FES</i> y <i>DES</i> en el sistema eléctrico colombiano	151

TABLAS ANEXOS

ANEXO II

Tab. 1	Parámetros de los registros medidos en puntos de baja tensión del sistema de potencia eléctrico español	198
Tab. 2	Parámetros de los registros medidos en puntos de media tensión del sistema de potencia eléctrico español. Tensiones simples sin la componente homopolar	204

Tab. 3	Registros reales de huecos de tensión medidos en puntos de BT de la red eléctrica española.....	209
--------	---	-----

ANEXO III

Tab. 1	Parámetros de las líneas para las zonas nororiental y norte del sistema de potencia eléctrico colombiano	214
Tab. 2	Parámetros de los generadores y transformadores para las zonas nororiental y norte del sistema de potencia eléctrico colombiano	216