

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**

**POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA**

**“LA VENTILACION URBANA APLICADA AL DISEÑO  
ARQUITECTONICO CON ENFOQUE BIOCLIMATICO EN UN SECTOR  
DEL CENTRO HISTORICO DE LA CIUDAD DE MEXICO”**

**LAURA CLEMENCIA MONSALVE GUERRERO**

**TESIS**

QUE PRESENTA PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALIDAD FÍSICA DE LA ATMÓSFERA**

**MEXICO D.F., CIUDAD UNIVERSITARIA, NOVIEMBRE DEL 2011**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## DEDICATORIAS

Al Divino Niño Jesús....quien me hace entender y me enseña el camino por el cual debo avanzar; sobre ti siempre fijaré mis ojos.

A mis padres José y Julia Inés, hermanos y a toda mi familia en Colombia por el maravilloso ejemplo que me han dado.

A mi esposo Oscar, quien me ha brindado su apoyo incondicional y me ha sabido inspirar y acompañar con paciencia ante cada situación y siempre ha tenido el consejo adecuado en todo momento.

A mis hijas Laura Teresa y Mariana Inés; motivo de mis grandes alegrías y desvelos y la razón más importante que me ha dado la vida para luchar día a día en el logro de esta gran meta.

A la abuelita "Tita" (Teresa), por su incondicional apoyo y siempre sabios consejos en todo momento.

A Marta Elena, Mario Alfonso y Jesús Efrén quienes han sido mi familia y a quienes les agradeceré siempre sus valiosos consejos.

## CREDITOS Y AGRADECIMIENTOS

A todos los miembros de mi Comité Evaluador: Dr. E. Jáuregui, Dr. D. Morales, Dra. R. Vidal, Dr. E. Caetano y Mtro. F. Reyna, excelentes profesores e investigadores, quienes gracias a sus consejos y asesorías, me motivaron en el logro y desarrollo de esta investigación.

A la Dra. E. Villanueva Urrutia, por su amistad y quién siempre me animó a permanecer constante en la culminación de mis estudios y a cada uno de los profesores durante mi permanencia en la Maestría por su paciencia, dedicación y por compartir sus conocimientos conmigo.

Al Dr. E. Ospina Noreña del CCA y al Mtro. M. Murillo Tovar, por sus valiosas aportaciones en mi trabajo de investigación, su amistad incondicional y sus ánimos para no desfallecer en la obtención de esta gran meta profesional.

A la Dra. R. García en la capacitación, manejo del túnel de viento y realización del experimento; a la M. E. Luyando por sus innumerables asesorías y consejos en relación al procesamiento de datos e igualmente, a los Ing. M. García y W. Gutiérrez del Área de Instrumentación Técnica del CCA., por su capacitación en el manejo de equipo y su apoyo en la campaña de mediciones.

Al Arq. G. Balderas en la Universidad Autónoma del Estado de Puebla, por sus asesorías, capacitación y préstamo de la estación meteorológica DAVIS.

A todo el personal del CCA y de Geofísica y muy especialmente a A. Chamán y G. Mateos, quienes de una u otra manera me facilitaron y apoyaron la permanencia durante mi Maestría en esta gran Institución.

## INDICE

|                |   |           |
|----------------|---|-----------|
| <b>I</b>       | <b>RESUMEN</b>                                      | <b>12</b> |
| <b>II</b>      | <b>SUMMARY</b>                                      | <b>14</b> |
|                |   |           |
| <b>1</b>       | <b>MARCO REFERENCIAL</b>                            | <b>16</b> |
| <b>1.1</b>     | <b>INTRODUCCION</b>                                 | <b>16</b> |
| <b>1.2</b>     | <b>HIPOTESIS</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>1.3</b>     | <b>OBJETIVO GENERAL</b>                             | <b>19</b> |
| <b>1.4</b>     | <b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>                        | <b>19</b> |
| <b>1.5</b>     | <b>ANTECEDENTES DEL CLIMA</b>                       | <b>20</b> |
| <b>1.6</b>     | <b>ANTECEDENTES DEL DISEÑO BIOCLIMATICO</b>         | <b>21</b> |
| <b>1.7</b>     | <b>JUSTIFICACION</b>                                | <b>22</b> |
|                |   |           |
| <b>2</b>       | <b>MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE</b>              | <b>25</b> |
| <b>2.1</b>     | Aspectos Generales del Clima de la Ciudad de México | <b>25</b> |
| <b>2.2</b>     | Clima   | <b>25</b> |
| <b>2.2.1</b>   | Macroclima  | <b>26</b> |
| <b>2.2.1.1</b> | Temporada de lluvias                                | <b>27</b> |
| <b>2.2.1.2</b> | Temporada de secas                                  | <b>28</b> |
| <b>2.2.2</b>   | Mesoclima   | <b>28</b> |
| <b>2.2.3</b>   | Microclima  | <b>29</b> |
| <b>2.3</b>     | Viento  | <b>29</b> |
| <b>2.3.1</b>   | Vientos a Escala Global                             | <b>30</b> |
| <b>2.3.1.1</b> | Vientos Alisios                                     | <b>30</b> |
| <b>2.3.1.2</b> | Vientos del Oeste                                   | <b>30</b> |
| <b>2.3.1.3</b> | Vientos Polares                                     | <b>31</b> |
| <b>2.3.2</b>   | Vientos Regionales o de Macroescala                 | <b>32</b> |
| <b>2.3.2.1</b> | Vientos Alisios                                     | <b>32</b> |
| <b>2.3.2.2</b> | Vientos del Oeste                                   | <b>32</b> |
| <b>2.3.3</b>   | Vientos a Escala Local                              | <b>33</b> |
| <b>2.3.3.1</b> | Vientos de Valle y Montaña                          | <b>33</b> |
| <b>2.3.3.2</b> | Vendavales  | <b>35</b> |
| <b>2.3.4</b>   | Turbulencia   | <b>37</b> |
| <b>2.3.4.1</b> | Turbulencia mecánica y térmica                      | <b>37</b> |
| <b>2.3.4.2</b> | Viento laminar y capa límite                        | <b>38</b> |
| <b>2.4</b>     | Elementos del clima                                 | <b>40</b> |

|                |  |           |
|----------------|--|-----------|
| <b>2.4.1</b>   | Temperatura  | <b>40</b> |
| <b>2.4.2</b>   | Humedad Relativa   | <b>41</b> |
| <b>2.4.3</b>   | Viento   | <b>42</b> |
| <b>2.5</b>     | Ventilación y su aprovechamiento en Arquitectura           | <b>43</b> |
| <b>2.5.1</b>   | Diseño de la ventilación natural en Arquitectura           | <b>44</b> |
| <b>2.5.1.1</b> | Movimientos horizontales                                   | <b>45</b> |
| <b>2.5.1.2</b> | Movimientos verticales                                     | <b>46</b> |
| <b>2.5.2</b>   | Flujos de aire alrededor de los edificios                  | <b>47</b> |
| <b>2.5.2.1</b> | Unidades de edificios en disposición lineal                | <b>47</b> |
| <b>2.5.2.2</b> | Unidades de edificios intercalados                         | <b>48</b> |
| <b>2.5.2.3</b> | Edificios altos  | <b>48</b> |
| <b>2.5.2.4</b> | Patio y atrio  | <b>52</b> |
| <b>2.6</b>     | Efectos del viento a nivel urbano                          | <b>53</b> |
| <b>2.6.1</b>   | Efecto de Esquina  | <b>53</b> |
| <b>2.6.2</b>   | Efecto Pilotes   | <b>54</b> |
| <b>2.6.3</b>   | Efecto Venturi   | <b>55</b> |
| <b>2.6.4</b>   | Efecto de Pasillo por desfase                              | <b>56</b> |
| <b>2.6.5</b>   | Efecto de Canalización                                     | <b>57</b> |
| <b>2.7</b>     | El viento como condicionante del diseño urbano             | <b>57</b> |
| <b>2.8</b>     | Vegetación y viento en el diseño arquitectónico y urbano   | <b>60</b> |
| <b>2.8.1</b>   | Acción de la vegetación sobre la velocidad del viento      | <b>60</b> |
| <b>2.8.2</b>   | Acción de la vegetación sobre la humedad relativa          | <b>61</b> |
| <b>2.8.3</b>   | Acción de la vegetación sobre la radiación solar           | <b>62</b> |
| <b>2.8.4</b>   | Acción de la vegetación sobre la contaminación atmosférica | <b>62</b> |
| <b>2.9</b>     | Enfoque Bioclimático                                       | <b>63</b> |
| <b>2.9.1</b>   | Aspectos generales del Diseño Bioclimático                 | <b>64</b> |
| <b>2.9.2</b>   | Principios del Diseño Bioclimático                         | <b>64</b> |
| <b>2.9.3</b>   | Confort térmico del hombre                                 | <b>66</b> |
| <b>2.9.3.1</b> | Confort ambiental  | <b>67</b> |
| <b>2.9.3.2</b> | Confort térmico  | <b>68</b> |
| <b>2.9.4</b>   | Intercambios térmicos entre el hombre y el ambiente        | <b>69</b> |
| <b>2.9.4.1</b> | Equilibrio térmico: importancia de su mantenimiento        | <b>69</b> |
| <b>2.9.5</b>   | Formas de transmisión de energía                           | <b>72</b> |
| <b>2.9.5.1</b> | Conducción   | <b>72</b> |
| <b>2.9.5.2</b> | Convección   | <b>72</b> |
| <b>2.9.5.3</b> | Radiación  | <b>74</b> |
| <b>2.9.5.4</b> | Evaporación  | <b>75</b> |

|                |  |            |
|----------------|--|------------|
| <b>2.10</b>    | Recursos de Termorregulación   | <b>76</b>  |
| <b>2.11</b>    | Gráfico Bioclimático   | <b>79</b>  |
| <b>2.11.1</b>  | Gráfico Bioclimático de Víctor Olgyay  | <b>79</b>  |
| <b>2.11.2</b>  | Usos del Gráfico Bioclimático  | <b>81</b>  |
| <b>2.12</b>    | Índices Térmicos de Confort  | <b>82</b>  |
|                |  |            |
| <b>3</b>       | <b>METODOLOGÍA E INSTRUMENTACIÓN</b>   | <b>83</b>  |
| <b>3.1</b>     | Recopilación de Información  | <b>83</b>  |
| <b>3.2</b>     | Selección de los Cruceros de Estudio   | <b>83</b>  |
|                | Recorridos peatonales y visualización del sector                               |            |
|                | Selección de los cruceros de estudio   |            |
|                | Selección de las esquinas de estudio   |            |
|                | Gráficas comparativas estaciones: rural y urbana                               |            |
| <b>3.3</b>     | Mediciones en el sitio   | <b>85</b>  |
|                | Instrumentación  |            |
|                | Análisis y procesamiento de datos  |            |
| <b>3.4</b>     | Túnel de viento abierto del Centro de Ciencias de la Atmósfera (C.C.A.) – UNAM | <b>86</b>  |
| <b>3.4.1</b>   | Especificaciones Técnicas del túnel de viento abierto del C.C.A.               | <b>86</b>  |
| <b>3.4.2</b>   | Experimento en el túnel de viento abierto (C.C.A).                             | <b>87</b>  |
| <b>3.5</b>     | Aplicaciones del túnel de viento en Arquitectura                               | <b>88</b>  |
|                |  |            |
| <b>4</b>       | <b>SECTOR DE ESTUDIO</b>   | <b>90</b>  |
| <b>4.1</b>     | Descripción del Crucero 1  | <b>90</b>  |
| <b>4.1.1</b>   | Esquinas de Estudio Crucero 1 (5 de Mayo e Isabel La Católica)                 | <b>91</b>  |
| <b>4.2</b>     | Descripción del Crucero 2  | <b>94</b>  |
| <b>4.2.1</b>   | Esquinas de Estudio Crucero 2 (Av. 5 de Mayo y Calle Bolívar)                  | <b>94</b>  |
| <b>4.3</b>     | Materiales y Vegetación existentes en el sector                                | <b>97</b>  |
|                |  |            |
| <b>5</b>       | <b>ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS</b>                                      | <b>98</b>  |
| <b>5.1</b>     | Análisis comparativo entre las Estaciones Meteorológicas                       | <b>98</b>  |
| <b>5.1.1</b>   | Velocidad del Viento   | <b>98</b>  |
| <b>5.1.1.1</b> | Viento Máximo Texcoco y Minería  | <b>99</b>  |
| <b>5.1.2</b>   | Temperatura  | <b>101</b> |
| <b>5.1.2.1</b> | Razón de Enfriamiento  | <b>103</b> |
| <b>5.1.3</b>   | Humedad Relativa   | <b>104</b> |
|                |  |            |

|                  |  |            |
|------------------|--|------------|
| <b>5.2.1</b>     | Palacio de Minería vs Estación Davis               | <b>106</b> |
| <b>5.2.1.1</b>   | Rosas de Viento: Palacio de Minería                | <b>106</b> |
| <b>5.2.1.2</b>   | Rosas de Viento: Estación Davis                    | <b>107</b> |
| <b>5.3</b>       | Análisis gráficos Cruceros de Estudio              | <b>108</b> |
| <b>5.3.1</b>     | Crucero 1  | <b>108</b> |
| <b>5.3.1.1</b>   | Temperatura y Humedad Relativa (promedio por hora) | <b>108</b> |
| <b>5.3.1.2</b>   | Velocidad del Viento (promedio por hora)           | <b>111</b> |
| <b>5.3.1.2.1</b> | Viento promedio (cada 5 minutos)                   | <b>113</b> |
| <b>5.3.1.3</b>   | Temperatura promedio (cada 5 minutos)              | <b>114</b> |
| <b>5.3.1.4</b>   | Humedad Relativa promedio (cada 5 minutos)         | <b>117</b> |
| <b>5.3.2</b>     | Crucero 2  | <b>118</b> |
| <b>5.3.2.1</b>   | Temperatura y Humedad Relativa (promedio por hora) | <b>118</b> |
| <b>5.3.2.2</b>   | Velocidad del Viento (promedio por hora)           | <b>121</b> |
| <b>5.3.2.2.1</b> | Viento promedio (cada 5 minutos)                   | <b>123</b> |
| <b>5.3.2.3</b>   | Temperatura promedio (cada 5 minutos)              | <b>125</b> |
| <b>5.3.2.4</b>   | Humedad Relativa promedio(cada 5 minutos)          | <b>127</b> |
| <b>6</b>         | <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>              | <b>129</b> |
| <b>7</b>         | <b>BIBLIOGRAFIA</b>                                | <b>132</b> |
| <b>8</b>         | <b>ANEXOS</b>                                      | <b>138</b> |



**LISTA DE TABLAS**

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 2.1 | Vendavales registrados en el Distrito Federal (2001 – 2011)   | 36 |
| 2.2 | Rangos de confort de Humedad Relativa   | 41 |
| 2.3 | Características de la velocidad del viento. Criterios de adecuación Bioclimática en la Arquitectura                 | 43 |
| 2.4 | Flujos de ventilación exterior sobre las edificaciones teniendo en cuenta el tamaño de los arbustos                 | 61 |
| 4.1 | Resumen: descripción arquitectónica de las esquinas de estudio del Crucero 1: Farmacia, Pollos, Joyería y Zapatería | 93 |
| 4.2 | Resumen: descripción arquitectónica de las esquinas del Crucero 2: Cueros, Leones, Perfumes y Apartamentos          | 96 |

## LISTA DE FIGURAS

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Figura 2.1  | Los climas en la Cuenca de México  | 26 |
| Figura 2.2  | Régimen de vientos superficiales a nivel planeta   | 31 |
| Figura 2.3  | Esquema de flujo de aire nocturno, inversión térmica y vientos regionales en la Cuenca de México | 33 |
| Figura 2.4  | Ilustración esquemática de la variación de las corrientes de aire en un valle                    | 34 |
| Figura 2.5  | Dimensiones de la edificación y viento   | 38 |
| Figura 2.6  | Esquema de los perfiles de velocidad del viento  | 39 |
| Figura 2.7  | Planta del movimiento de aire alrededor de una construcción                                      | 45 |
| Figura 2.8  | Alzado del movimiento de aire horizontal alrededor de una construcción                           | 46 |
| Figura 2.9  | Flujo de distribución del viento con disposición lineal de los edificios, sección y planta       | 47 |
| Figura 2.10 | Flujo de distribución del viento con disposición de edificios intercalados                       | 48 |
| Figura 2.11 | Edificios altos que se anteponen al viento provocan ventilación deficiente                       | 51 |
| Figura 2.12 | Patio y atrio  | 52 |
| Figura 2.13 | Efecto de Esquina y sección el recorrido del flujo de viento en espacios urbanos                 | 53 |
| Figura 2.14 | Efecto de Pilotes: sección y perspectiva del recorrido del flujo de viento en espacios urbanos   | 54 |
| Figura 2.15 | Efecto Venturi del recorrido del flujo de viento en espacios abiertos                            | 56 |
| Figura 2.16 | Efecto de Pasillo por desfase  | 56 |
| Figura 2.17 | Efecto de Canalización del recorrido del flujo de viento   | 57 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Figura 2.18 | Equilibrio térmico del cuerpo humano   | 71  |
| Figura 2.19 | Intercambios de calor por conducción entre el hombre y su entorno  | 73  |
| Figura 2.20 | Intercambios de calor por convección entre el hombre y su entorno  | 73  |
| Figura 2.21 | Intercambios de calor por radiación entre el hombre y su entorno   | 74  |
| Figura 2.22 | Gráfico Bioclimático de V. Olgyay  | 80  |
| Figura 3.1  | Hobo de 2 canales: T y HR y Anemómetro   | 85  |
| Figura 3.2  | Controlador de velocidad del túnel de viento y vista interior con Maqueta del Sector de estudio a esc. 1:750                       | 87  |
| Figura 4.1  | Vista aérea de los dos cruceros de estudio   | 90  |
| Figura 4.2  | Crucero 1: Avenida 5 de Mayo y calle Isabel La Católica  | 91  |
| Figura 4.3  | Maqueta esc. 1:750 Crucero 1: Av. 5 de Mayo e Isabel La Católica con esquinas de estudio   | 92  |
| Figura 4.4  | Crucero 2: Calle Bolívar y Avenida 5 de Mayo   | 94  |
| Figura 4.5  | Maqueta esc. 1:750 Crucero 2: Calle Bolívar y Av. 5 de Mayo, con esquinas de estudio   | 95  |
| Figura 4.6  | Vegetación existente en la Avenida 5 de Mayo durante los meses de Abril y Noviembre del 2007                                       | 97  |
| Figura 5.1  | Promedio mensual de velocidad del viento para Plan Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana) en el mes de abril de 2007 | 98  |
| Figura 5.2  | Viento máximo para Texcoco y Minería, abril de 2007  | 100 |
| Figura 5.3  | Promedio mensual de temperatura para Texcoco y Minería en abril de 2007  | 101 |
| Figura 5.4  | Razón de Enfriamiento: promedio diario para Texcoco y Minería el día 8 de abril de 2007  | 103 |
| Figura 5.5  | Promedio mensual de humedad relativa para Texcoco y  | 105 |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
|             | Minería en el mes de abril de 2007   |     |
| Figura 5.6  | Rosas de viento superficiales Minería:1, 7 y 8 de abril de 2007 de las 12 a 17 horas                             | 107 |
| Figura 5.7  | Rosas de viento superficiales Estación Davis:1, 7 y 8 de abril de 2007 de las 12 a 17 horas                      | 108 |
| Figura 5.8  | Promedio (cada 5 minutos) de temperatura y humedad relativa. Crucero 1, para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007  | 109 |
| Figura 5.9  | Promedio por hora de velocidad del viento en m/s en Crucero 1 para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007            | 111 |
| Figura 5.10 | Velocidad del viento en m/s cada 5 minutos en el Crucero 1 para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007               | 113 |
| Figura 5.11 | Temperatura promedio esquinas Crucero 1 (mediciones cada 5 minutos) para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007      | 116 |
| Figura 5.12 | Humedad relativa promedio esquinas Crucero 1 (mediciones cada 5 minutos) para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007 | 118 |
| Figura 5.13 | Promedio cada 5 minutos de temperatura y humedad relativa Crucero 2, para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007     | 119 |
| Figura 5.14 | Promedio por hora de velocidad del viento Crucero 2, para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007                     | 121 |
| Figura 5.15 | Velocidad del viento promedio Crucero 2 (mediciones cada 5 minutos) para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007      | 123 |
| Figura 5.16 | Promedio de temperatura Crucero 2 (mediciones cada 5 minutos) para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007            | 125 |
| Figura 5.17 | Promedio de humedad relativa Crucero 2 (mediciones cada 5 minutos) para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007       | 127 |

## LISTA DE ANEXOS

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 8.1  | Promedios de Velocidad del Viento, Temperatura y Humedad Relativa para Abril del 2007 en las estaciones Minería (urbana) y Texcoco (rural) | 138 |
| 8.2  | Viento Máximo: estaciones Minería (urbana) y Texcoco (rural) para Abril del 2007   | 139 |
| 8.3  | Crucero 1: Promedios por hora de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007              | 140 |
| 8.4  | Crucero 2: Promedios por hora de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007              | 140 |
| 8.5  | Crucero 1: Promedios cada 5 minutos de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007        | 141 |
| 8.6  | Crucero 2: Promedios cada 5 minutos de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007        | 143 |
| 8.7  | Datos Rosa de Viento –E. Davis para el 1 de Abril de 2007  | 145 |
| 8.8  | Datos Rosa de Viento –E. Davis para el 7 de Abril de 2007  | 145 |
| 8.9  | Datos Rosa de Viento –E. Davis para el 8 de Abril de 2007  | 145 |
| 8.10 | Datos Rosa de Viento –E. Minería para el 1 de Abril de 2007  | 146 |
| 8.11 | Datos Rosa de Viento –E. Minería para el 7 de Abril de 2007  | 146 |
| 8.12 | Datos Rosa de Viento –E. Minería para el 8 de Abril de 2007  | 147 |

## I. RESUMEN

Es evidente que los cambios físicos generados por el crecimiento de la ciudad hacen que el clima urbano sea más complejo cada día. La isla de calor en el Centro Histórico de Ciudad de México debida a la obstrucción de la radiación a causa de la urbanización es un claro ejemplo de esto.

El propósito del presente estudio, es analizar las esquinas con ángulos de  $90^\circ$  y  $45^\circ$  con y sin volados en dos cruceros ubicados en un sector del Centro Histórico de la Ciudad de México (Av. 5 de Mayo con Calle Bolívar y Av. 5 de Mayo con Isabel La Católica) y relacionar tres variables climatológicas: temperatura promedio (T), humedad relativa (HR) y velocidad del viento (SW) con el confort del ser humano y el diseño arquitectónico con enfoque bioclimático.

Se realizaron mediciones puntuales del microclima local a escala humana mediante la utilización de HOBOS de 2 y 3 canales (temperatura, humedad relativa y velocidad del viento), anemómetros manuales y una estación meteorológica DAVIS. Se usaron los registros de datos meteorológicos de la estación urbana del Palacio de Minería y la estación rural Plan Texcoco con el propósito de comparar los datos en un área urbana y un área rural en la estación de secas.

La fase experimental, se realizó en el túnel de viento abierto del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México CCA-UNAM, para simular el recorrido del flujo de viento (con hielo seco) a diferentes velocidades con una maqueta a escala del sector de estudio y maqueta detallada de los dos cruceros.

El análisis se aplica a una serie de esquinas con ángulos a  $45^\circ$  y  $90^\circ$ , con volados en algunas de éstas entre 1.00 y 3.50 m, los cuales generaron un comportamiento diferente de la velocidad y flujo del viento al de las esquinas que carecen de éstos.

De acuerdo a los análisis realizados a los promedios por hora de T y HR entre cruceros, se encuentra que el crucero 2 está más cercano al rango de confort para exteriores con T de 26.7°C y 30% de HR y el crucero 1 supera el rango de confort de T con 27°C aunque su HR está dentro del rango de confort con 31%.

Los promedios de WS entre cruceros dieron una diferencia de 0.6m/s (crucero 1 fue de 0.4m/s y crucero 2 de 1.0m/s). En el crucero 2 tenemos mayores alturas de hasta 11 pisos de construcción y un volado de 3.5 m en el que el viento se encajona y acelera su velocidad.

Comparando los datos de velocidad del viento máximo y mínimo en la estación rural Plan Texcoco con la estación urbana Palacio de Minería, se demostró una diferencia en el valor máximo del viento de 4.6m/s y una diferencia en el valor mínimo de 1.3m/s. Los valores máximos y mínimos por estación fueron de 19.2m/s a las 17 horas y de 8.6m/s a las 12 horas en la estación rural y de 14.6m/s a las 16 horas y 7.3m/s a las 18 horas en la estación urbana. El flujo de viento sobre la ciudad disminuye su intensidad, pero aumenta su turbulencia.

La tendencia a proyectar edificios altos dentro del espacio urbano existente, reduce la posibilidad de lograr un diseño coherente del espacio exterior y así promover condiciones microclimáticas favorables a la escala del peatón. Las nuevas edificaciones en nuestra área de trabajo renunciaron a la tan importante vegetación.

El diseño bioclimático, tiene la función de crear espacios con una finalidad expresiva, funcional y estética, teniendo en cuenta el clima (temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento entre otros parámetros) y las condiciones del entorno inmediato, creando un ambiente de confort para el desarrollo comunitario de la sociedad mediante la utilización de sistemas naturales de climatización que determinen la sensación de bienestar térmico del ser humano.

## II. SUMMARY

It is clear that the physical changes caused by the growth of the city make the urban climate more complex every day. The heat island in the historical centre of city of Mexico due to obstruction of radiation due to urbanization is a clear example of this.

The purpose of this study is analyzing the corners with angles  $90^\circ$  and  $45^\circ$  with or without superscript of two cruisers located in a sector of the Historic Center of the City of Mexico (5 de Mayo Avenue with Bolívar street and 5 de Mayo Avenue with Isabel La Católica Street) and link three climatic variables: average temperature (T), relative humidity (HR) and velocity of the wind (SW) with the comfort of humans and architectural approach with bioclimatic design.

We make punctual measurements of the local microclimate to human scale using HOBOS of 2 or 3 channels (temperature, relative humidity and wind speed), manual anemometers and a DAVIS weather station. We use the registers of meteorological data of the urban station Palacio de Minería and the rural station Plan Texcoco, in order to compare the data in an urban area and a rural area for the dry season.

The experimental phase was developed in the C.C.A.-U.N.A.M. in a open wind tunnel, to simulate the route of the flow of wind (with dry ice) at different speeds with a scale model of the sector of study and a detailed model of the two cruisers.

The analysis applies to a series of corners with angles to  $45^\circ$  and  $90^\circ$ , frilly in some of these between 1.00 and 3.50 m, which generated a different behavior of the wind speed in the corners that lack these.

According to the averages per hour between T and HR cruise, the cruise 2 is closer to the range of comfort outdoor of temperature with  $26.7^\circ\text{C}$  and 30% of relative humidity. The cruise 1 exceeds the range of temperature comfort with  $27^\circ\text{C}$  but its HR is within



the range of comfort with 31%.

The WS averages between cruises show a difference of 0.6 m/s (cruise 1 was 0.4 m/s and cruise 2 was 1.0 m/s). On the Cruiser 2 have heights of up to 11 floors of the building and a blown up of 3.5 where the wind is boxes and accelerates its speed.

Comparing the data of wind speed maximum and minimum in the rural station Plan Texcoco with the urban station Palacio de Minería we showed a difference in the maximum value of the wind of 4.6m/s and a difference in the minimum value of 1.3 m/s. The minimum and maximum values per station were 19.2 m/s at 5 p.m. and 8.6 m/s at 12 noon at the rural station and 14.6 m/s at 4 p.m. and 2.8 m/s to 6 p.m. in the urban station. The wind flow over the city decreases the intensity of the wind, but increases its turbulence.

The tendency to project high-rise buildings within the existing urban space reduces the possibility of achieving a coherent design of outer space and thus promotes microclimatic conditions favorable to the scale of the pedestrian. The new buildings in our work area renounced important vegetation.

The bioclimatic design, has the function to create spaces with expressive, functional and aesthetic purposes, taking into account of the climate (temperature, humidity, speed and direction of the wind among other parameters) and the conditions of the immediate environment, creating an atmosphere of comfort for the community development of society through the use of natural air conditioning systems to determine the sense of thermal well-being of human beings.

## 1. MARCO REFERENCIAL

### 1.1 INTRODUCCION

El crecimiento y desarrollo acelerado de las ciudades en conjunto con las actividades propias del ser humano, ha generado variación en los factores climáticos influyendo en el estilo de vida de sus habitantes, esto ha provocado que el hombre pierda en gran medida la capacidad de construir espacios arquitectónicos que cumplan con los requerimientos de bienestar térmico de manera natural, sin tener en cuenta el daño que se cause al medio ambiente.

El ser humano construye ciudades para vivir en sociedad, la forma de vida urbana es característica de nuestra especie, por lo cual existe una tendencia global de las sociedades humanas hacia la urbanización, cada vez más personas migran a las ciudades y abandonan las áreas rurales.

El clima en las grandes y medianas ciudades es diferente al presentado en las áreas circundantes de éstas, así la temperatura del aire a ciertas horas del día es más elevada (entre 4° y 6° C dependiendo del tamaño de la ciudad) que la observada en las periferias de las ciudades, este es el efecto de la isla de calor que alcanza su intensidad máxima durante las noches tranquilas y despejadas en las que el enfriamiento por radiación es intenso (Oke, 1982).

En un área tan extensa como la Ciudad de México, el aire tibio puede tener una temperatura de hasta 8°C más elevada en el Centro Histórico que la correspondiente a su entorno rural en horas de la mañana. El contraste térmico se ha reflejado en el aumento continuo de la temperatura urbana a través de los años (1.5° C de la temperatura media anual durante el siglo XX / Jáuregui, 1995); Magaña, (2006) dice: *“por el desmesurado crecimiento de la ciudad, el fenómeno de la isla de calor se ha acentuado y la temperatura promedio reporta 4°C más que hace 100 años”*.

El efecto de la isla de calor asociado a la sustitución del suelo natural por elementos del paisaje urbano como calles, banquetas, edificaciones, escasa arborización, etc., modifica el clima de la ciudad a causa de la radiación solar directa en los meses más calurosos (de marzo a mayo) y da por resultado una mayor frecuencia de incomodidad ambiental por la elevada carga de calor sobre el peatón, aun cuando éste vaya vestido con ropa adecuada (ligera y de colores claros) que refleja parte de la radiación del medio día (Jáuregui, 1995).

El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar en arquitectura, ya sea para captarlo, evitarlo o controlarlo. El viento es un elemento de climatización pasiva que ha sido utilizado de manera muy importante en la arquitectura de todos los tiempos y en todo lugar (Rodríguez V., 2001), los movimientos de aire producen un aumento del intercambio de calor entre el ser humano y el ambiente, este intercambio puede implicar pérdida o ganancia de calor dependiendo de si la temperatura del aire es más alta o más baja que la temperatura de la piel del sujeto, por lo que el movimiento del aire puede provocar disconfort térmico del hombre.

La atmósfera de las ciudades es diferente a la del entorno circundante, presenta contaminantes que condicionan la temperatura, la baja humedad y la presencia de gases que provocan el efecto invernadero. Al final, todo ello repercute en la salud de sus habitantes. Los sistemas de transporte son responsables de más del 50% de las emisiones contaminantes, seguidas por las que producen las industrias y los hogares. De las emisiones contaminantes urbanas, las debidas al transporte superan el 60% en Barcelona, el 70% en París y el 80% en Ciudad de México (Pozueta J., 2001).

La contaminación del aire urbano, es uno de los factores de mayor importancia en la determinación del clima urbano al modificarse el equilibrio de la radiación. Las inversiones térmicas producidas por el enfriamiento del aire superficial, particularmente en la época de secas, cuando la radiación nocturna de la superficie del suelo hacia el espacio es más intensa (Jáuregui, 1971).

Los contaminantes criterio, emitidos en grandes cantidades por una diversa variedad de fuentes (CO, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PST, PM<sub>25</sub>), causan problemas a la salud y bienestar del hombre, como asma, reducción de la visibilidad, irritación en los ojos, infecciones del aparato respiratorio, asfixia, afectación del sistema cardiovascular, nervioso y pulmonar; y los contaminantes tóxicos o ambientales, se encuentran en pequeñas cantidades de fácil localización (asbesto, cloruro de vinilo, arsénico, benceno, entre otros), son cancerígenos, tóxicos a nivel reproductivo y sistema respiratorio (García A., 2005).

La vegetación urbana cumple un rol fundamental en el equilibrio ecológico-urbano, mejorando la calidad de vida y aire de sus habitantes, siendo un elemento básico del amueblamiento urbano y una estrategia con especial complejidad en los diferentes microclimas de la región. Los árboles plantados cerca de edificaciones reducen el calor dentro de éstas y minimizan el uso de aire acondicionado; a lo largo de los camellones y banquetas, disminuyen las emisiones de los autos y mitigan la contaminación del aire.

En el diseño arquitectónico y urbanismo bioclimático se integra la climatología del lugar y la configuración del espacio arquitectónico, permitiendo entender al hombre su propia manera de ser, teniendo una relación con las variables y los factores climáticos, donde la arquitectura y urbanismo puedan variar su comportamiento ambiental, con respuestas diferentes para invierno o verano, brindando un mejor confort en exteriores.

El confort térmico es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico del individuo cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que desarrolla, podemos decir, que la mayoría de seres humanos se siente confortable cuando la temperatura oscila entre 21° C y 26° C, y la humedad relativa entre 30% y 70%. Estos valores se aplican cuando las personas están vestidas con ropa ligera, a la sombra y relativamente inactivas (Olgay V., 1968).

## **1.2. HIPOTESIS**

La forma en edificaciones con esquinas a 90° y 45° con volados y sin volados, junto con la interacción de tres variables climatológicas: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, tienen influencia en el confort o discomfort del ser humano.

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

El objetivo general de este trabajo, es analizar el confort del ser humano como transeúnte dentro de un área urbana del Centro Histórico de la Ciudad de México.

## **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Procesar datos y realizar gráficos comparativos de dos estaciones meteorológicas (urbana y rural), teniendo en cuenta las variables climatológicas de análisis: temperatura, humedad relativa y velocidad del viento, y observar las diferencias presentadas en los mismos.
2. Mediante el procesamiento y análisis de datos meteorológicos obtenidos en las mediciones in situ de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento; determinar el cruce y la esquina que se encuentre dentro de los rangos de confort establecidos para exteriores al ser humano.
3. Describir el patrón de comportamiento del viento en las edificaciones con esquinas a 90° y 45° con volados y sin volados, mediante el uso de maqueta a escala de los dos cruces de estudio en el Túnel de Viento Abierto del Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM.
4. Analizar la trayectoria del recorrido del viento en los dos cruces de estudio, teniendo en cuenta la forma de las esquinas a 90° y 45° con volados y sin volados y la altura de las construcciones de las mismas.

5. Optimizar las condiciones de bienestar y comodidad en los espacios urbanos como requerimientos del ser humano en la realización de sus actividades, junto con los elementos propios de las edificaciones, reduciendo al máximo los impactos negativos que ejerce la urbanización sobre el medio.

6. Apoyar, guiar y orientar las acciones de diseño emprendidas por estudiantes, profesionales, investigadores y público en general, que estén interrelacionados con el proceso de diseño arquitectónico, ofreciendo espacios más confortables.

### **1.5 ANTECEDENTES DEL CLIMA**

R. Moreno (XVIII y XIX) relata en su libro "*Joaquín Velásquez de León y sus trabajos científicos sobre el Valle de México*" del barómetro, cuyo fin era establecer la altitud de un lugar con respecto a otro y escribe: "Los vientos se influyen también por la altitud. La situación del valle abierto hacia el norte, sólo permite vientos de esa dirección.

L. Howard en 1833 comparó temperaturas de varias estaciones del área urbana de Londres, observando el efecto que la ciudad producía en la distribución de la temperatura; posteriormente H. Renou (1862) en París encontró temperaturas mínimas más elevadas en el centro de la ciudad con respecto a las afueras de la misma.

En 1873, M. Barcena, director del Observatorio Meteorológico Central, realiza una breve reseña: "*El Clima de la Ciudad de México*", hace una descripción de los diferentes elementos del clima; con 16 años de registro de datos, establece que el viento dominante en México es del noroeste (NW), noreste (NE) y este (E) la mayor parte del año y la velocidad media anual es de 0.8 m/s. El avance fue conocer la dirección y la velocidad del viento dominante.

El registro de datos meteorológicos en México se inicia en 1877, cuando se crea el Servicio Meteorológico Nacional; es así, como por medio de datos, la ventilación ha

sido objeto de estudio, junto con otros elementos del clima como temperatura, humedad y precipitación.

W. Hammond y F.W. Duenkel (1902) en San Luis-Missouri, observaron que el aire de la periferia era 2° C más frío que en el centro, atribuyendo al efecto de humo producido por un centro fabril.

Schmidt (1927) en Viena y A. Pepler en Karlsruhe (1929), implementaron el método de recorrido en auto, concluyendo que las áreas ocupadas por edificios y calles asfaltadas eran considerablemente más cálidas que los campos de los alrededores.

En sus trabajos *“Mesoclima y Bioclima del Valle de México”* E. Jáuregui, hace una descripción de las condiciones climáticas que hay en el Valle de México, determinando las áreas en las cuales el clima tiene un mayor o menor grado de conveniencia para las diversas actividades y *“The urban climate of Mexico City”*, el autor describe el clima del Valle de México y lo relaciona con el fenómeno que ha causado diversas transformaciones: la ciudad, habla de la diferencia de ventilación que existe entre la Ciudad de México y sus alrededores (rural) durante la época de sequía y la época de lluvia.

## **1.6. ANTECEDENTES DEL DISEÑO BIOCLIMATICO**

En la antigua Grecia, Sócrates aconsejaba: *“La casa debería ser fresca en verano y cálida en invierno”* (Jáuregui, 1971), Aristóteles señalaba que las habitaciones de la casa deberían ser calentadas por los rayos del sol, protegidas con tejados y aleros sobresalientes, y resguardadas de los fríos vientos en invierno.

En el siglo I a.C., en Roma se incluyeron los invernaderos, emplearon el vidrio instalado en ventanas para permitir el paso de la luz, evitar el paso de la lluvia, nieve y el aire frío. Sócrates y Aristóteles recomendaban que para hacer un buen diseño era necesario conocer el país, el lugar y el clima.

En 1963, los hermanos Olgay proponen el término “*Diseño Bioclimático*” tratando de enfatizar los vínculos y múltiples interrelaciones entre la vida y el clima en relación con el diseño arquitectónico.

V. Olgay, propone el diseño bioclimático de las edificaciones, basado en el análisis de los elementos climatológicos, con la ayuda del diagrama bioclimático para exteriores, a través del cual el diseño arquitectónico se desarrolla respondiendo a los requerimientos climáticos específicos.

En los años 70's B. Givoni, propone la aplicación del “*Diagrama de Control Bioclimático en Edificaciones con rangos de diseño y materiales adecuados*”.

En 1973, V. Olgay, muestra la diversidad de cubiertas típicas tradicionales en todo el mundo. Los techos planos aparecen en las zonas cálidas; los techos en forma de bóveda en las zonas áridas; los poco inclinados en climas templados con veranos secos. Los techos muy inclinados aparecen en los climas fríos o húmedos.

## **1.7. JUSTIFICACION**

La adaptación de los edificios al medio ha sido un problema a través de los siglos. Vitruvio hizo eco en Le Corbusier al reconocer la importancia de esta: “*La sinfonía del clima.... No ha sido comprendida.....El sol difiere a lo largo de la curvatura del meridiano, su intensidad varía sobre la corteza terrestre de acuerdo a su incidencia....En este juego se crean muchas condiciones que esperan soluciones adecuadas y es aquí, en donde un regionalismo auténtico tiene su lugar propio*” (Vitruvio M., siglo I a.C.).

Desde los inicios de la civilización, el hombre ha utilizado y abusado de los recursos naturales, comenzando por la necesidad de sobre vivencia, que con el paso del tiempo se ha ido transformando para satisfacer necesidades primordiales. El origen y



crecimiento de la ciudad, ha originado importantes transformaciones en el medio ambiente a manos del hombre, sin tener en cuenta los problemas que se derivan de ésta, los cuales repercuten en el suelo, el agua y el aire del ecosistema urbano, alcanzando una escala planetaria (agujero de la capa de ozono, calentamiento global, etc.).

Las zonas céntricas de las ciudades crean con frecuencia una tensión térmica excesiva durante los días calurosos y soleados en el verano; ello se debe a la combinación de una elevada densidad de edificación, a la altura de los edificios y a la ausencia de vegetación. Esta situación se agrava aún más a causa de una mala ventilación en la ciudad y la contaminación de los medios de transporte entre otros. Problemas de éste tipo se evitan con facilidad en la fase de planeación urbana, si se prevén espacios para parques, zonas verdes y corredores abiertos a la ventilación.

En el diseño bioclimático, la circulación del viento dentro de la ciudad es un factor esencial e importante en la concepción del edificio, ya que nos da la pauta para saber cuál será el manejo de las aberturas y la orientación dentro del diseño, tanto a nivel vivienda como en espacios urbanos, y brindar mejores condiciones de confort al ser humano (Olgay V., 1968).

La combinación viento y temperatura, determinan las pérdidas de energía de un edificio a causa de la transmisión del calor a través de las paredes, techo y la filtración del aire en las aberturas de las edificaciones.

Los movimientos de las masas de aire no disminuyen la temperatura de la piel del hombre, provocan una sensación de frescor debida a la pérdida de calor por convección y al aumento de la evaporación del cuerpo humano. A medida que el movimiento de aire aumenta, el límite superior del confort se eleva.

El área de trabajo es el Centro Histórico de la Ciudad de México, la cual muestra una isla de calor consolidada desde años atrás (Moreno y Anda a finales del siglo XIX, quién advirtió por primera vez que el clima de la capital era más tibio en la zona centro que en un sitio rural).

Para E. Jáuregui (1992), *“la magnitud de la isla de calor urbano ha venido creciendo en proporción con la creciente y acelerada urbanización de la Ciudad de México”* y para V. Magaña (2006): *“por el desmesurado crecimiento de la ciudad, el fenómeno de la isla de calor se ha acentuado y la temperatura promedio reporta 4°C más que hace 100 años”*.

## **2. MARCO TEORICO Y ESTADO DEL ARTE**

### **2.1. Aspectos Generales de la Ciudad de México**

La Ciudad de México, se encuentra localizada en la meseta central a 2250 metros de altura sobre el nivel del mar y forma parte de la Cuenca de México, región plana y rodeada casi por completo de montañas. Ubicada dentro de la zona intertropical según su latitud  $19^{\circ} 30'$  y  $20^{\circ} 09'$  de latitud norte y entre los meridianos  $98^{\circ} 31'$  y  $90^{\circ} 30'$  de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

### **2.2. Clima**

El área metropolitana de la Ciudad de México es tan extensa que, según la clasificación universal de Köppen, tiene al menos dos climas: semiárido en la porción centro y noreste de la planicie de la Cuenca de México (BS) y templado subhúmedo (Cw) al sur y poniente, donde la precipitación es más abundante por año (entre 800 y 1000 mm), Jáuregui, 2004.

E. García (1968) lo define como semiseco en el noreste, templado semiseco en algunas regiones en el este y noreste, templado subhúmedo y semifrío subhúmedo al suroeste y en las elevaciones superiores a los 2800 msnm. Por la ladera sureste, a medida que se asciende por las montañas que la circundan, el clima es más húmedo y fresco, llegando a semifrío y frío en las partes más altas.

La configuración de la Cuenca de México es determinante para que el clima presente condiciones drásticas en la circulación atmosférica de la ciudad, ésta no es favorecida por la topografía, las sierras que la rodean y el tejido urbano impide que exista una circulación de los vientos que restringen la presencia de la circulación superficial en cierta medida.

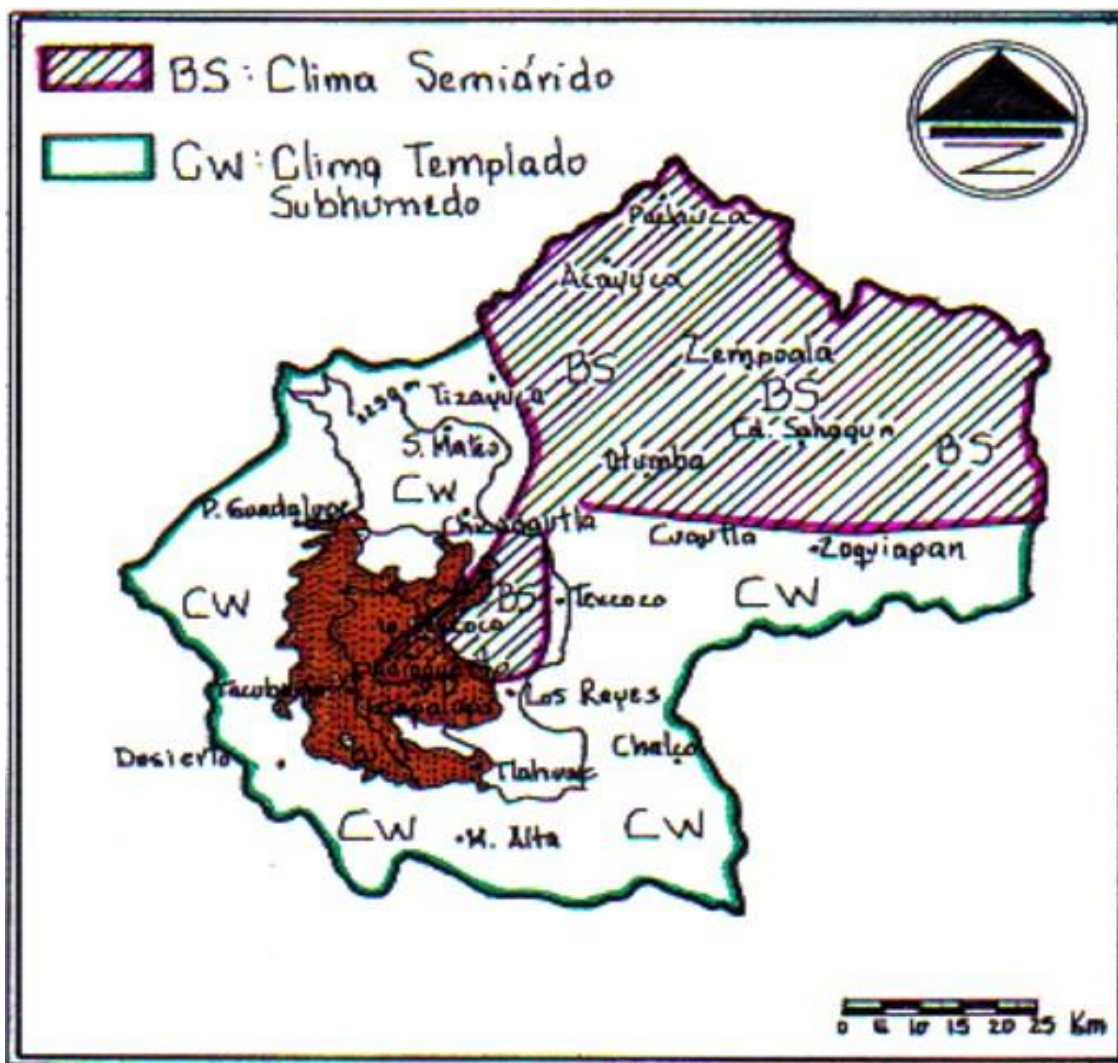


Figura 2.1: Los climas en la Cuenca de México. Tomado de "El Clima de la Ciudad de México", E. Jáuregui, 2000.

Dibujó L. Monsalve.

### 2.2.1. Macroclima

El macroclima de la Ciudad de México, por su latitud ( $19^{\circ} 30'$ ), es tropical de montaña; es decir, la temperatura es moderada por la elevada altitud del valle (2250 msnm). Para el clima de nuestra ciudad, es necesario considerar diversos sistemas y situaciones que influyen en el clima urbano de la ciudad como los frentes fríos, nortes, ciclones tropicales, etc., modificando por ejemplo, los regímenes pluviométricos y térmicos.

### **2.2.1.1. Temporada de Lluvias**

Al llegar la temporada lluviosa (mayo a octubre), la temperatura desciende en el mes de julio, aumenta en agosto y desciende nuevamente en el mes de diciembre. Según Jáuregui (1975), otros efectos a nivel macroclimático, lo constituyen las vaguadas que viajan en el seno de la corriente de los vientos del oeste, ocasionando variaciones en la presión y en cambio de intensidad y dirección del viento, llegando a producir las tolvaneras del noreste de la ciudad.

Con la llegada del mes de abril la circulación atmosférica del invierno empieza a cambiar. Como resultado del calentamiento gradual de América del Norte los vientos del oeste se debilitan sobre la Cuenca de México, empezando a disminuir la influencia del flujo anticiclónico del invierno y aumentando el predominio de la corriente húmeda de los vientos alisios.

En plena temporada lluviosa, los vientos invernales del oeste se han retirado y predomina la corriente húmeda tropical de los alisios, llegando hasta la tropopausa (13 km). Los movimientos ascendentes y convergentes hasta la troposfera media prevalecen en la cuenca y en gran parte del país, compensados por el flujo divergente en los altos niveles de la misma zona (Jáuregui, 1974).

Durante esta temporada del año, los desarrollos nubosos son mucho más frecuentes, se presentan nubes bajas con forma de tumulto como los estratos que dan origen a las lluvias continuas y las nubes de desarrollo vertical como los cúmulus y cumulonimbus que propician las lluvias convectivas y tormentas eléctricas en horas de la tarde y condiciones que favorecen la presencia de lluvias asociadas a movimientos turbulentos de aire como los ciclones, tormentas tropicales y perturbaciones de los alisios como las ondas del este.

### **2.2.1.2. Temporada de Secas**

Durante el período de la época de secas (noviembre-abril), la circulación del viento sobre la Cuenca de México es de oeste, noroeste o sudoeste, los cuales se intensifican, derribando árboles y en ocasiones levantando altas y densas cortinas de polvo, especialmente en la segunda mitad del período de seca, es decir, de febrero a abril (Jáuregui, 1971).

Mientras los vientos fuertes soplan en las alturas, en los niveles cercanos al suelo llegan masas de aire procedentes de las regiones polares de Norteamérica y del Pacífico norte. El paso de las tormentas invernales asociadas a la llegada de una masa de aire frío origina un descenso de la temperatura que en promedio es de 3° C (Hill, 1969), pero que en ocasiones supera los 6° C (Jáuregui, 2000).

Además del rápido descenso de la temperatura, el paso de un frente frío se caracteriza por un aumento de la nubosidad y, algunas veces, por precipitaciones en forma de lluvia ligera o llovizna que pueden persistir uno o varios días.

Durante la temporada de secas predominan condiciones anticiclónicas que producen cielos despejados. La temperatura media desciende de febrero hasta mayo y alcanza en este mes altos valores, pero en abril se presentan condiciones de incomodidad a la población, ya que la temperatura es alta y la humedad relativa es relativamente baja.

El descenso del aire asociado a la circulación anticiclónica prevaleciente origina en la ciudad de México muchos días de cielos despejados y periodos de calma, en los niveles inferiores (los primeros 100 a 200 m), especialmente en la noche y en la mañana.

### **2.2.2. Mesoclima**

El mesoclima se refiere al estudio del clima de una región de extensión territorial más pequeña entre 10 y 100 km de diámetro (valle, bosque, etc.), en la ciudad de México se

pueden considerar varios mesoclimas por la gran diversidad y alteración de los elementos del clima, propiciados por la acelerada urbanización, dejando como consecuencia una desigual distribución del manejo de las áreas verdes y contrastes higrotérmicos ciudad/campo, entre otros.

El mesoclima urbano como lo describe Landsberg (1970), es un claro ejemplo del grado de modificación al que puede llegar un hábitat creado por el hombre, pues comparado con el ambiente rural circundante, en el ambiente urbano la temperatura, la nubosidad, precipitación pluvial y contaminantes son mayores mientras que la velocidad del viento y la humedad relativa generalmente disminuyen.

El mesoclima urbano de la ciudad de México, tiene profundas implicaciones climáticas que con demasiada frecuencia, no se tienen en cuenta a la hora de planificar y diseñar un asentamiento –urbanización-, (Tudela F., 1982).

### **2.2.3. Microclima**

El microclima se define como “un clima del espacio mínimo”, se ha aplicado como sinónimo de clima local o miniclíma. Actualmente, se le llama microclima a las características de áreas menores a 1 km de diámetro, como parques, alamedas centrales, pequeñas áreas suburbanas, barrios, etc.

Así mismo, en la atmósfera urbana existen alteraciones microclimáticas dadas por efectos de la combustión (industrial, automovilística y doméstica) que contribuyen a incrementar la temperatura, originando exceso de calor, y una "isla" alrededor de los edificios, lo cual dependerá de las actividades y concentraciones urbanas.

### **2.3. Viento**

El viento, es aire en movimiento horizontal, se mueve por las diferencias de temperatura y presión atmosféricas, las masas de aire más calientes tienden a ascender, y su lugar es ocupado por las masas de aire circundante más frío y por tanto, más denso (Rodríguez V., 2001).

La dirección del viento depende de la distribución y evolución de los centros isobáricos; se desplaza de los centros de alta presión (anticiclones) hacia los de baja presión (depresiones) y su fuerza es tanto mayor cuanto mayor es el gradiente de presiones.

### **2.3.1. Vientos a Escala Global**

A escala global encontramos grandes patrones de viento, como los vientos del oeste en latitudes medias y los alisios en latitudes tropicales con dirección predominante del este. El flujo se produce alrededor de todo el globo terrestre y puede durar semanas con pocos cambios.

#### **2.3.1.1. Vientos Alisios**

Los vientos alisios soplan de manera relativamente constante en verano y menos en invierno. Circulan entre los trópicos, desde los 30°-35° de latitud hacia el ecuador. Se dirigen desde las altas presiones subtropicales, hacia las bajas presiones ecuatoriales. El movimiento de rotación de la Tierra desvía los Alisios en dirección oeste y por ello soplan de nordeste al suroeste en el hemisferio norte y de sureste al noroeste en el hemisferio sur.

Los vientos alisios forman parte de la circulación de Hadley que transporta el calor desde las zonas ecuatoriales hasta subtropicales reemplazando el aire caliente por aire más frío de las latitudes superiores. La rotación terrestre produce estos vientos al modificar las corrientes meridionales de transporte de calor.

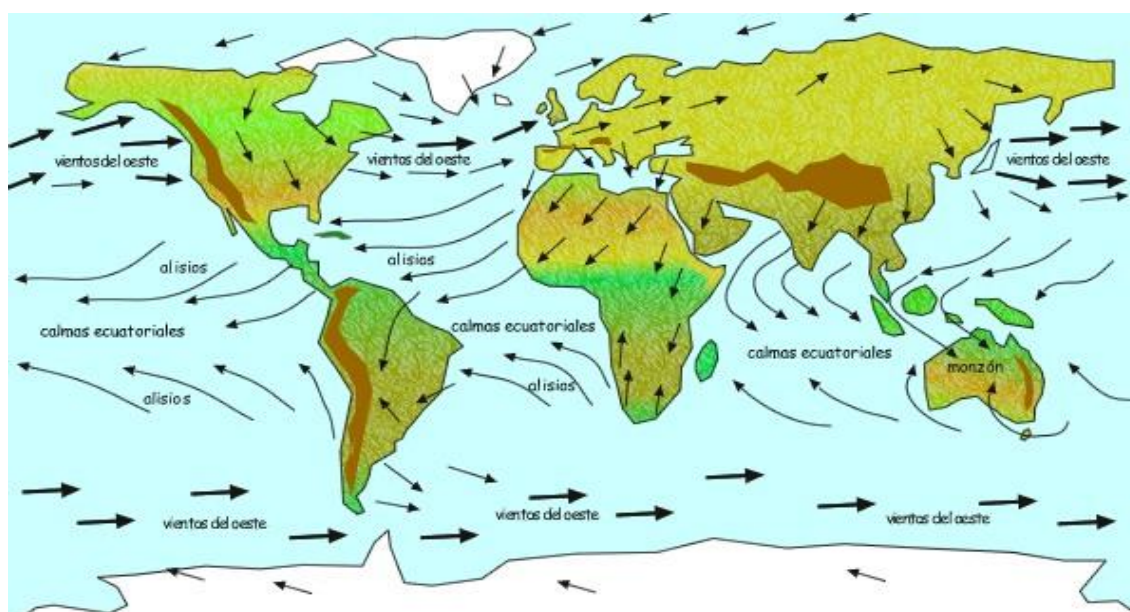
#### **2.3.1.2. Vientos del Oeste**

Estos vientos ocurren en las zonas de calmas subtropicales, en las latitudes de 30°, son regiones situadas entre los vientos alisios y los predominantes del oeste. En esta zona los vientos son generalmente tempestuosos y variables en dirección e intensidad; soplan del oeste al este y se denominan también vientos prevalentes del oeste o vientos del oeste en ambos hemisferios.



De las zonas de calmas subtropicales, una parte del aire superficial regresa al ecuador y otra lo hace hacia los polos. Entre las latitudes de 30° a 60°, los sistemas móviles de presión y las masas de aire asociadas ayudan a transportar la energía.

La mayor parte del aire húmedo de las regiones del sur se desplaza hacia el norte. Esta humedad se condensa y libera la energía que ayuda a calentar el aire en las latitudes del norte.



**Figura 2.2:** Régimen de Vientos superficiales a nivel del planeta. Historia del clima en la Tierra. Antón Uriarte Cantilla, País Vasco, España. Central de Publicaciones del País Vasco, 2011.

### 2.3.1.3. Vientos Polares

Los vientos polares se sitúan en las zonas de frente polar (ubicados entre los vientos polares del este y los predominantes del oeste), en las áreas que se encuentran entre las latitudes de 60° y los polos, forman una zona de aire frío que sopla hacia el sudeste (hemisferio del norte) y hacia el nordeste (hemisferio del sur) hasta que se encuentran con los del oeste, más cálidos.

La interface entre los vientos polares del este y los del oeste es el frente polar, que se traslada a medida que ambas masas de aire se presionan entre sí de un lado al otro.

El frente polar viaja del oeste al este y ayuda al aire frío a desplazarse hacia el sur y al aire húmedo y cálido, hacia el norte (hemisferio del norte) y, de ese modo, transporta energía calorífica a las regiones polares. A medida que el aire húmedo y cálido, característico de los vientos del oeste, ejercen una presión sobre los del este, fríos y más secos se desarrolla un clima tempestuoso.

### **2.3.2. Vientos Regionales o de Macro Escala**

El Valle de México se encuentra bajo la influencia de dos grandes sistemas atmosféricos (sinópticos) a lo largo del año. En la época fría y seca (noviembre - abril), predominan los vientos del Oeste y en los meses cálidos (mayo- octubre) predominan los vientos Alisios.

#### **2.3.2.1. Vientos Alisios**

El Valle de México se ve invadido por los Alisios, con características de cielos nubosos y fuertes tormentas en horas de la tarde. Sin embargo, existen condiciones extraordinarias que pueden modificar la circulación “normal” del valle, como es el paso de un ciclón por las costas o de un norte, que si bien no afectan directamente, si se puede sentir su llegada e influencia, interfiriendo con el establecimiento de los vientos locales (E. Layando, 1991).

#### **2.3.2.2. Vientos del Oeste**

Se presentan en la época fría y seca, con características de cielos despejados y baja humedad, por la que oscilación térmica durante el día es bastante amplia.

Cuando el paso de un frente no trae humedad, al final de la temporada de secas, los vientos turbulentos levantan polvo dando origen a un tipo de tolvana caracterizada por ser generalizada en amplias áreas del valle que incluye las laderas deforestadas del

Sur (Jáuregui, 1989). Estos vientos invernales son en general, más intensos que los alisios de la estación húmeda.

### 2.3.3. Vientos a Escala Local

Los vientos a escala global pueden ser modificados por los vientos locales o convectivos; estos vientos pueden incrementarse, modificarse o eliminarse a causa de las corrientes de aire que originan los grandes sistemas de presión.

Los principales vientos que se presentan en el Valle de México son: los vientos del valle y de montaña.



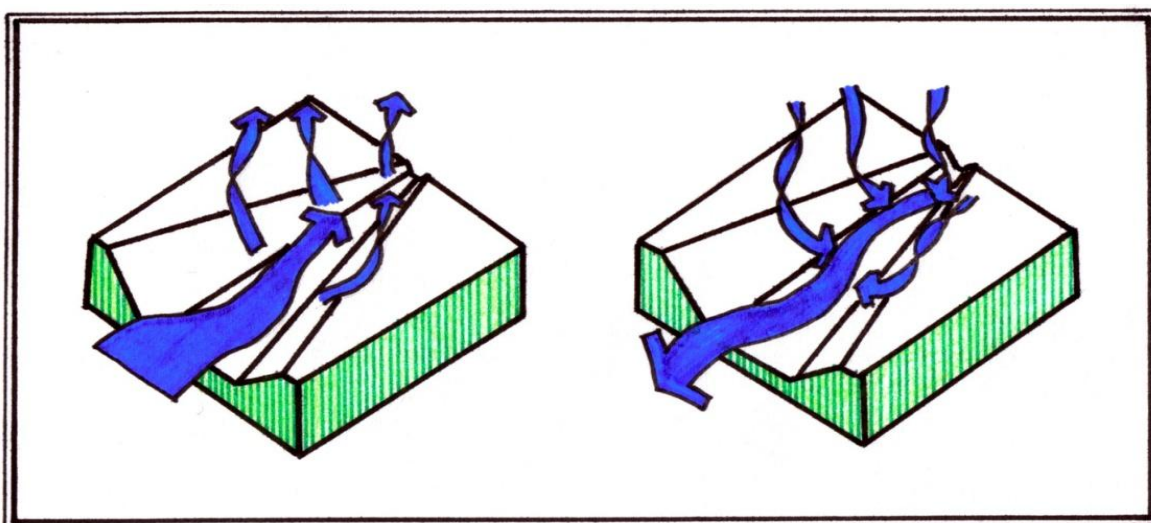
**Figura 2.3:** Esquema de flujo de aire nocturno, inversión térmica y vientos regionales en la Cuenca de México. Tomada de Patrones de flujo del aire superficial y su relación con los contaminantes en el Valle de México, Jáuregui et al, 2000. Dibujó L. Monsalve.

#### 2.3.3.1. Vientos de Valle y Montaña

La circulación de los vientos en un valle se puede decir que es bastante compleja, pues aunque es un sistema local, muchas veces se ve afectado por sistemas más grandes que lo modifican o incluso pueden desaparecerla.

Este tipo de circulación basa su movimiento en la topografía del lugar, y es más o menos definido según el valle de que se trate, su amplitud, la inclinación de las pendientes montañosas y su altura, además de la exposición al sol, por lo que algunas adquieren mayor temperatura que otras.

Esta diferencia térmica crea un sistema de circulación el cual en el día, fluye del valle a las montañas (Anabática) y en la noche de las montañas al valle (Catabática), como se puede observar en la figura 2.4.



**Figura 2.4:** Ilustración esquemática de la variación de las corrientes de aire en un valle.

Circulación diurna Anabática (ascendente) y la circulación nocturna Catabática (descendente). Dibujó L. Monsalve.

Este vaivén se ve perturbado por las corrientes atmosféricas de escala regional que fluyen por la cuenca de México: durante el período de secas (noviembre a abril) predominan los vientos secos del oeste, que a su paso levantan con frecuencia nubes de polvo, tanto en la cuenca como en las laderas de las montañas del sur, donde los bosques están siendo sustituidos por la urbanización.

El resto del año predominan los llamados alisios húmedos, los cuales acarrear las lluvias a la cuenca. La interacción de los vientos locales (de valle y montaña) con los

vientos regionales determinan la dirección y fuerza de los vientos observados (Jáuregui, 2000).

Durante la noche, el aire frío cercano a la superficie fluye montaña abajo, la transición entre los vientos ascendentes y descendentes empieza tan pronto como las montañas entran en la tarde sombreada y el enfriamiento de la superficie comienza.

Este período de cambio empieza con la agonía del viento ascendente, seguida de un período de relativa calma y, posteriormente, un suave flujo laminar descendente.

Este fenómeno inicia aproximadamente entre uno y tres cuartos de hora antes del amanecer y sopla ladera arriba hasta la puesta del sol. La intensidad máxima es alcanzada casi al mismo tiempo que las horas de máxima insolación y cambia de dirección radicalmente durante la noche y recibe el nombre de viento anabático.

Durante la noche, el sistema se invierte, el aire se enfría a lo largo de la montaña y fluye en forma descendente, es reemplazado por el aire superior del centro del valle. El sistema de circulación se puede completar si el flujo de aire ascendente, en las partes más altas de la montaña se enfría adiabáticamente lo suficiente para fluir sobre el valle y descender para reemplazar al aire inferior.

### **2.3.3.2. Vendavales**

En ocasiones, con la llegada de las masas de aire polar a la cuenca en el período invernal (da origen a las tempestades de polvo) o cuando se abaten sobre la ciudad las nubes de tormenta (cumulonimbus), propias de la época de lluvias, se presentan los vendavales o vientos arrachados de máxima intensidad, que derriban árboles, tiran bardas en los predios, anuncios, vidrios rotos en edificios y cortes en la energía eléctrica (Jáuregui, Junio del 2000).

| <b>VENDAUALES REGISTRADOS EN EL DISTRITO FEDERAL 2001-2011</b> |  |   |                     |
|--|--|---|---------------------|
| <b>FECHA</b>   | <b>VEL. / VIENTO</b>   | <b>RESULTADOS</b>   | <b>FUENTE-</b>      |
| <b>01-17-2004</b>  | Ráfagas de viento 65 km/h (15 horas)   | Accidentes automovilísticos a causa de árboles y espectaculares caídos, 2 personas lesionadas   | Noticieros Televisa |
| <b>01-24-2008</b>  | Vientos entre 50 y 70 km/h, nubes de gran desarrollo vertical y tormentas eléctricas | Mayor intensidad del viento en zonas con edificios altos, 2 personas muertas y 9 heridas, 8 incendios, 50 árboles y 15 espectaculares caídos  | El Universal.com    |
| <b>06-11-2008</b>  | Lluvia y vientos de hasta 76 km/h  | 18 árboles caídos, espectaculares y postes de cableado eléctrico  | Noticias México.com |
| <b>01-03-2010</b>  | Tormentas eléctricas, granizo y vientos superiores 40 km/h                           | 15 árboles derribados en Iztapalapa   | El Economista       |
| <b>01-15-2010</b>  | Vientos superiores a 60 km/h   | Perjudicaron 59 circuitos eléctricos de media tensión perjudicando a 364.136 usuarios de los estados de México, Puebla, Querétaro, Michoacán y D.F.   | W Radio.com.mx      |
| <b>01-17-2010</b>  | Vientos de hasta 42 km/h (Frente Frío No.23)   | 33 personas lesionadas, 13 vehículos aplastados, viviendas averiadas por los centenares de árboles caídos. Ed. Naciones Unidas (Polanco) presentó vidrios reventados por el impacto del viento en los pisos 14 y 15 | El Porvenir         |
| <b>02-03-2011</b>  | Rachas de viento de hasta 40 km/h  | Daños materiales y 36 árboles derribados  | El Universal        |
| <b>05-21-2011</b>  | viento entre 50 y 70 km/h y lluvia moderada  | Sin accidentes graves   | Excelsior.com.mx    |

**Tabla 2.1:** Vendavales registrados en el Distrito Federal - (2001 -2011). L. Monsalve.

Estos vientos máximos pueden ocurrir en cualquier época del año, aunque aparentemente los meses más ventosos son de marzo a mayo. La dirección preferida de estos vendavales es del suroeste, oeste o noroeste, es decir, soplan con un componente casi siempre del oeste, que es la dirección de la corriente de Vientos del Oeste (westerlies) que llega a la Cuenca de México en la estación seca (noviembre-abril).

En plática con el Dr. E. Jáuregui (Octubre, 2010), los vientos máximos en el Distrito Federal son el resultado de dos sistemas de tiempo de carácter regional: las Inversiones de Aire Polar en el Período Invernal (febrero loco y marzo otro poco...) y los Sistemas de Vientos asociados a las tormentas de la Época de Lluvias.

#### **2.3.4. Turbulencia**

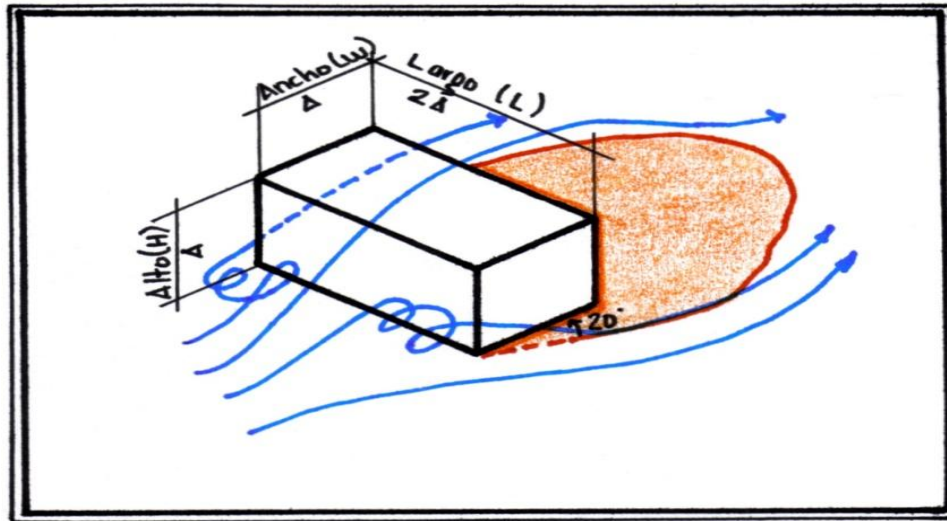
Para el análisis de los vientos locales, se hace necesario conocer el grado de rugosidad del terreno y la morfología del mismo, pues además de reducir la velocidad, también puede cambiar la dirección del flujo de aire canalizándolo o desviándolo de sus depresiones o salientes y puede producir turbulencia.

##### **2.3.4.1. Turbulencia Mecánica y Térmica**

La turbulencia puede ser de dos tipos: turbulencia mecánica, determinada por la rugosidad, forma de la superficie y la velocidad del viento; y turbulencia térmica, asociada con la inestabilidad y actividad convectiva y es similar a la turbulencia mecánica en sus efectos sobre el viento superficial, se extiende a gran altura en la atmósfera y es producida a causa del calentamiento superficial (García J., 1987).

La turbulencia mecánica se incrementa con la intensidad de calentamiento superficial y el grado de inestabilidad atmosférica, y muestra cambios durante el día. En la tarde, es más pronunciada, cuando las superficies alcanzan su máximo calentamiento y el aire superficial se muestra inestable. Es mínima durante la noche y la madrugada, cuando el aire es más estable y la temperatura es más baja.

Las dimensiones del edificio: alto, largo y ancho influyen de manera particular en la generación de turbulencia mecánica (fig. 2.5.).originan Cada objeto sólido (edificio), dentro del patrón de viento, crea remolinos a los lados de sotavento (zona contraria en donde incide directamente el viento) o zona de baja presión.



**Figura 2.5:** Dimensiones de la edificación y viento. Las dimensiones, largo, ancho y altura, son factores que influyen en la generación de turbulencia mecánica. Tomado de Viento y Arquitectura - R. García y V. Fuentes, 1987. Dibujó, L. Monsalve.

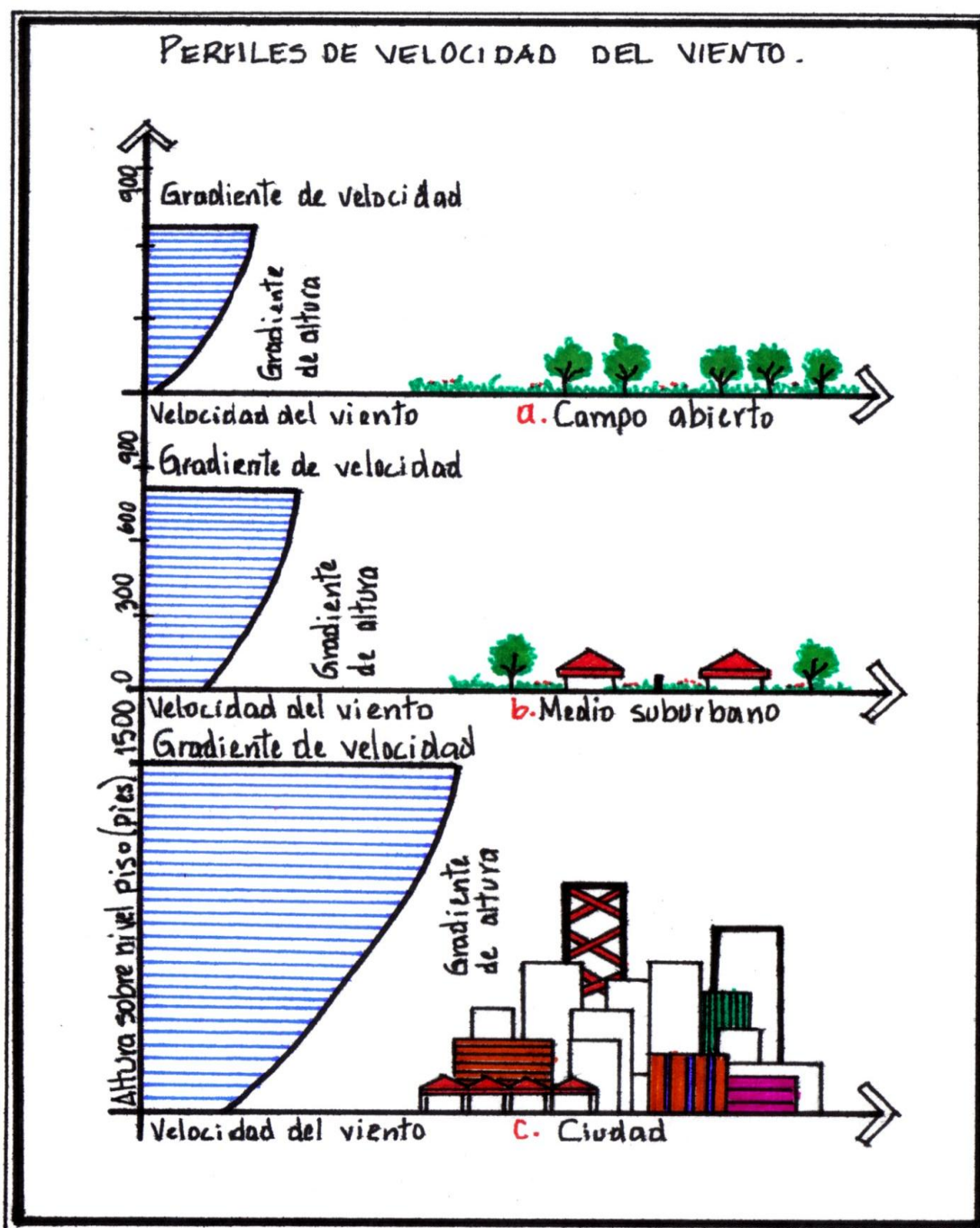
El tamaño, la fuerza y el movimiento de los remolinos son determinados por: la velocidad, la dirección del viento, la estabilidad o inestabilidad de la atmósfera baja y la forma y el tamaño del elemento arquitectónico.

#### 2.3.4.2. Viento Laminar y Capa Límite

La velocidad del viento se incrementa con la altura de las edificaciones; debido a la fricción que se origina entre las moléculas de aire más cercanas al suelo y a las capas superiores de aire, ya que las primeras se desplazan lentamente con respecto a las segundas, debido al grado de rugosidad de la superficie, el cual determina el factor de fricción superficial.

Como resultado de la fricción, la velocidad del viento es más baja cerca de la superficie del suelo que en la parte superior de la atmósfera. La reducción de la velocidad está en función de la rugosidad del terreno, por ello la velocidad del viento es distinta para los diferentes tipos de terreno (Brown G., 1994).





**Figura 2.6:** Esquema de los perfiles de velocidad del viento, teniendo en cuenta tres diferentes alturas sobre el nivel de piso (a) Campo abierto, (b) Medio suburbano y (c) En la ciudad. Tomado de Brown G., (1994). Dibujó L. Monsalve.

En la figura (fig. 2.6), tenemos tres tipos de superficie, viendo en cada uno de los ejemplos, la altura a la cual aumenta el gradiente de velocidad del viento. Las velocidades del viento medidas cerca de la superficie, son frecuentemente más bajas que aquellas medidas en las torres de registros climáticos.

## **2.4. Elementos del Clima**

Los elementos del clima son las propiedades físicas de la atmósfera. Estas propiedades están en continuo cambio debido a que se inscriben en ciclos dinámicos, en donde la modificación de una variable afecta a las demás.

Hay gran cantidad de elementos del clima; pero los más importantes y representativos dentro del proceso de diseño arquitectónico y en la evaluación del confort del ser humano son: la temperatura, la humedad relativa y la dirección y velocidad del viento.

### **2.4.1. Temperatura (T)**

Es un parámetro que determina la transmisión de calor de un cuerpo a otro en forma comparativa por medio de una escala, dato fácil de obtener y está directamente relacionado con el tipo de clima del entorno analizado.

En general se utilizan tres tipos diferentes de escalas termométricas: grados centígrados, Fahrenheit y Kelvin para la obtención de la temperatura.

La temperatura es una propiedad de los materiales, la cual dentro de ciertos límites, se puede sentir conforme a su energía interna. La sensación que se percibe de un material caliente o frío se debe a la transferencia de calor de la sustancia más caliente a la fría. La sensación corporal de frío a calor se produce al dar o recibir energía.

El establecimiento del equilibrio térmico entre el cuerpo humano y su entorno es una de las necesidades básicas para la salud y el bienestar fisiológico. La transferencia de

calor entre el cuerpo humano y el entorno se realiza por medio de los fenómenos de conducción, convección, radiación y evaporación.

Según B. Givoni (1962), *“El desarrollo de un equilibrio térmico estable en nuestro edificio debe observarse como uno de los más valiosos de la edificación”*; es sin duda, uno de los objetivos primordiales del espacio habitable el proveer a sus ocupantes de una temperatura adecuada para el desarrollo de las actividades específicas al que está destinado el inmueble. Por ello, el análisis y comprensión de la temperatura de un lugar es fundamental para el diseño.

#### 2.4.2. Humedad Relativa (HR)

La humedad atmosférica es el contenido de vapor de agua que se encuentra en una porción de aire. La humedad relativa HR, es la relación expresada porcentualmente, entre la presión de aire y la que se presentaría en caso de que esta porción se encontrara saturada a la misma temperatura.

| <b>Rangos de Confort de Humedad Relativa</b> |             |             |
|--|-------------|-------------|
| <b>RANGO</b>                                 | <b>BAJO</b> | <b>ALTO</b> |
| Optimo                                       | 50% HR      | 50% HR      |
| Bueno  | 40 a 49     | 51 a 60     |
| Regular                                      | 30 a 39     | 61 a 70     |
| Bajo   | 20 a 29     | 71 a 80     |
| Fuera del confort                            | -----       | -20, +80    |

**Tabla 2.2:** Rangos de confort de humedad relativa. Fuente: Olgyay V. Design with Climate, Princenton University Press, 1963. Complementado por Grupo de Arquitectura Bioclimática-México. Elaboró L. Monsalve.

Se llama relativa, porque el aire tiene la característica de poder retener mayor contenido de humedad a mayor temperatura. Además, es una manifestación de energía del aire (calor latente) relacionada de manera directa con la temperatura y puede afectar

nuestra percepción de confort. El confort higrotérmico incluye un amplio margen que va desde el 20% hasta el 80%. Sin embargo, el punto ideal es el 50% de humedad relativa (Olgay V., 1963).

### **2.4.3. Viento**

El viento es aire en movimiento generado por las diferencias de temperatura y presión atmosférica, causadas por un calentamiento no uniforme de la superficie terrestre. El calentamiento desigual de la atmósfera, da origen a movimientos compensatorios que tienden a reducir la diferencia horizontal de temperatura y por lo tanto, la diferencia de densidad y presión.

La dirección del viento, es la orientación de la que proviene el viento. Por lo general, las corrientes sufren cambios constantes de dirección y periodos de nula actividad o calma. La dirección dominante, es aquella de donde viene el viento con mayor frecuencia.

La velocidad del viento es la distancia recorrida por el flujo de viento en una unidad de tiempo. Estas unidades son m/s. ó km/h y se mide con un anemómetro. La frecuencia del viento es el porcentaje en que se presentó el viento de cada una de las orientaciones. Al sumar las frecuencias de todas las direcciones más los porcentajes de calma debemos obtener el 100%.

El viento es un parámetro fundamental para el diseño. En climas como los húmedos y cálidos es la principal forma de climatización. Su adecuado uso puede generar sensaciones agradables en espacios interiores y exteriores, que de otro modo serían inhabitables. La velocidad del viento en los espacios interiores de las edificaciones se maneja de acuerdo a los parámetros establecidos por B. Evans (Tudela F., 1982).

Para el equilibrio del confort, los movimientos de aire deberán evaluarse tanto positiva como negativamente. En períodos de fríos deberán bloquearse para impedir su penetración en los habitáculos y en épocas calurosas, deben ser admitidos y utilizados

para mejorar las condiciones de confort exterior e interior de la vivienda (Olgyay V., 1968).

| VELOCIDAD VIENTO   | CARACTERISTICAS                                    |
|--------------------|--|
| 0 a 0.25 m/s       | Imperceptible                                      |
| 0.25 a 0.50 m/s    | Agradable (comienza apenas a sentirse)             |
| 0.50 a 1.00 m/s    | Perceptible (movimiento de aire suave y agradable) |
| 1.00 a 1.50 m/s    | Molesto  |
| Más de 1.50 m/s    | Muy molesto  |
| 1.65 a 3.30 m/s*   | Resulta molesto, se vuelan los papeles             |
| 3.30 m/s*          | Tope deseable de velocidad en espacios interiores  |
| 3.30 a 5.00 m/s*   | Brisa  |
| 5.00 a 10.00 m/s*  | Viento moderado                                    |
| 10.00 a 15.00 m/s* | Viento fuerte a muy fuerte                         |
| Más de 15 m/s      | Vendaval   |
| Más de 25.00 m/s*  | Posibles daños en edificaciones                    |
| 17.00 a 32.00 m/s* | Son tormentas tropicales                           |
| Más de 32.00 m/s*  | Son huracanes                                      |

**Tabla 2.3:** Características de la velocidad del viento. Criterios de adecuación Bioclimática en la Arquitectura. Mex 1990. Fuente IMSS. \*Citados por F. Tudela. "Ecodiseño". UAM-Xochimico. México. 1982. Elaboró L. Monsalve.

## 2.5. La Ventilación y su aprovechamiento en Arquitectura

El viento es uno de los parámetros más importantes a considerar dentro de la arquitectura: diseño arquitectónico y urbanístico, ya sea para captarlo, para evitarlo o controlarlo, es un elemento de climatización pasiva que ha sido utilizado de manera muy importante en la arquitectura de todos los tiempos y en todo lugar (Rodríguez V., 2001).

La ventilación es la principal estrategia a tomar en cuenta en climas cálidos, tanto secos como húmedos, en climas templados con alto nivel de soleamiento, donde existe la necesidad de calentar los edificios en invierno y enfriarlos en verano, para brindar a sus ocupantes un mejor confort dentro y fuera del edificio. Pero también en los climas fríos lo es, ya que es necesario protegerse del viento y controlar sus filtraciones.

En climas templados habrá épocas con necesidades de ventilación y otras con necesidades de control. Para lograr una adecuada ventilación en arquitectura, es necesario comprender cómo se comporta el viento y de qué manera pueden aprovecharse los patrones que sigue en su recorrido a través de las edificaciones.

### **2.5.1. Diseño de la Ventilación Natural en Arquitectura**

En el diseño de un sistema de ventilación natural son muchas las variables que intervienen en el patrón del flujo de aire dentro y fuera de un edificio, y los efectos que este movimiento de aire causan sobre sus habitantes en términos de confort.

Las primeras variables que se deben considerar son aquellas inherentes al viento, es decir: velocidad, dirección, frecuencia y turbulencia; deben ser analizadas sobre el sitio de diseño, teniendo en cuenta sus cambios diarios (horarios) y estaciones (mensuales), ya que los vientos son alterados a causa de la topografía, las construcciones cercanas al sitio y por la vegetación.

En segundo lugar, debemos considerar las variables arquitectónicas y constructivas; ya que cada una de ellas, causa un efecto especial en el flujo del aire alrededor del edificio, pero principalmente enfocándose a las características resultantes del movimiento de aire en el interior y el exterior del mismo.

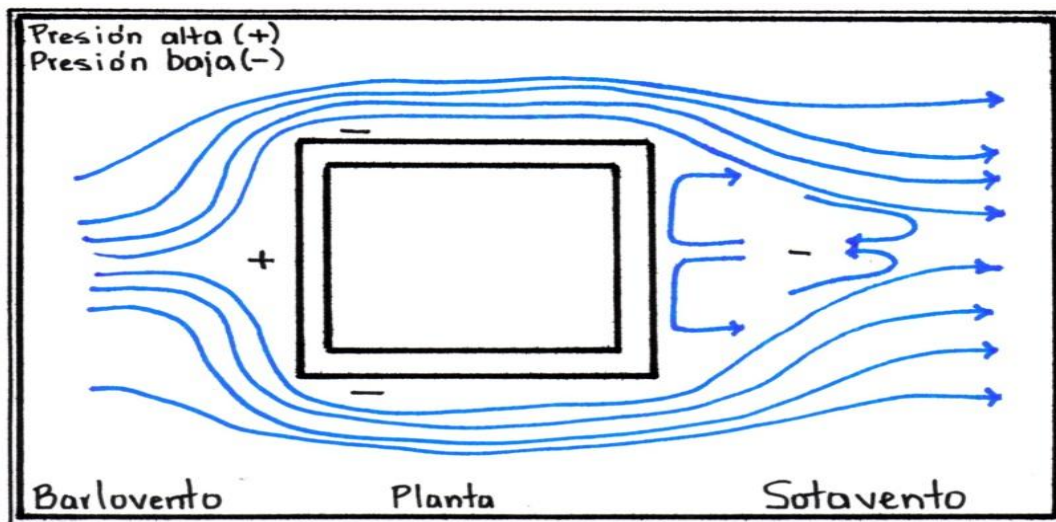
- Forma y dimensión del edificio
- Orientación del edificio con respecto al viento
- Tipo de ventanas y accesorios

- Localización y tamaño de las aberturas de entrada y salida del aire
- Elementos arquitectónicos exteriores e interiores.

Un estudio del movimiento del viento se puede plantear de dos formas: movimientos horizontales, es el flujo normal del aire; y movimientos verticales, originados a causa de diferencias de temperatura y presión, los cuales crean flujos convectivos de viento ascendentes y descendentes (García Ch., 1987).

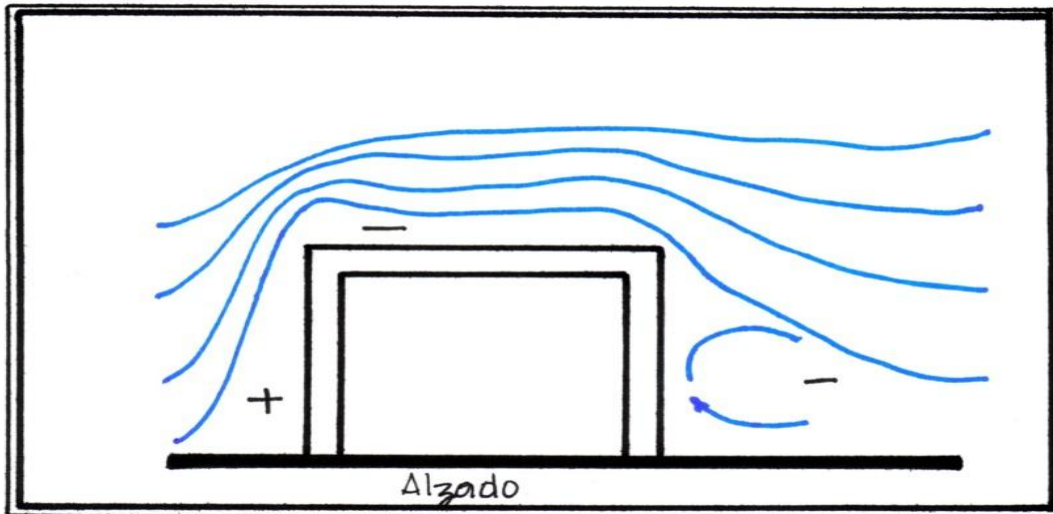
### 2.5.1.1. Movimientos Horizontales

Es el flujo normal de aire; cuando el viento pega sobre un edificio se crea una zona de alta presión en la cara frontal del viento (barlovento); el viento rodea el edificio, incrementa su velocidad y crea zonas de relativa baja presión en las caras laterales y en la cara posterior del edificio (sotavento).



**Figura 2.7:** Planta del movimiento de aire horizontal alrededor de una construcción. Zonas de presión positiva (+) y negativa (-). Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve.

Naturalmente, el aire tiende a entrar al edificio por las zonas de alta presión y al salir por las zonas de baja presión. Por lo tanto, las aberturas o ventanas de entrada se deben ubicar en las zonas de alta presión y las de salida en las zonas de baja presión.



**Figura 2.8:** Alzado del movimiento de aire horizontal alrededor de una construcción. Zonas de presión negativa (-) y positiva (+). Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve.

### 2.5.1.2. Movimientos Verticales

Se originan a causa de diferencias de Temperatura y de Presión, los cuales crean flujos convectivos de viento (ascendentes y descendentes).

Algunos movimientos verticales son el efecto Chimenea (stack effect), movimiento natural causado por diferencias térmicas de presión de aire entre distintos estratos; las torres eólicas (bad gir), estas torres funcionan haciendo cambiar la temperatura y, por lo tanto, la densidad del aire (corriente ascendente o descendente) en su interior y en su entorno.

Las bóvedas y cúpulas, son otra fuente de bienestar en climas cálidos por sus curvaturas; las sobre cúpulas, protegen los respiraderos de las cúpulas y encauzan al viento; por último, el patio y el atrio cuyo uso se generaliza durante todo el año en condiciones sobrecalentadas, mientras en condiciones cálido-húmedas su optimización sólo ocurre en períodos de lluvias.



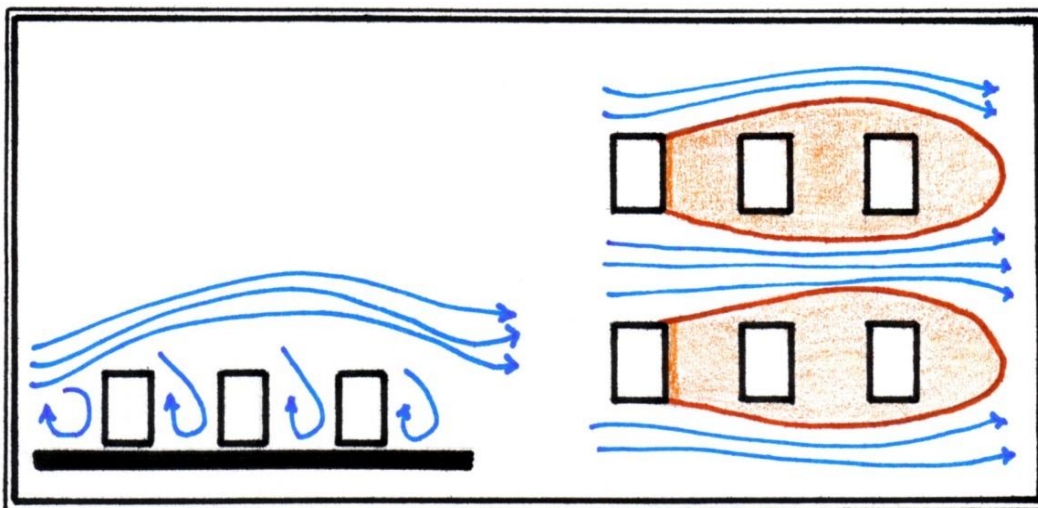
## 2.5.2. Flujos de aire alrededor de los edificios

La ubicación y forma de los edificios también influye en la dirección del viento y provoca la creación de microclimas, que se deben tener en cuenta en el momento de la concepción del diseño arquitectónico.

La distribución de la presión alrededor de un edificio depende de su orientación con respecto a la dirección de los vientos dominantes, de su forma y sus detalles arquitectónicos como son las protecciones, los huecos, las salientes, etc.; del efecto que provocan las edificaciones cercanas sobre la dirección del viento y de la turbulencia que se origina y de la vegetación entorno al edificio (Olgay V., 1968).

### 2.5.2.1. Unidades de edificios en Disposición Lineal

En un conjunto de unidades paralelas, el viento tiene tendencia a brincar sobre los edificios. Los edificios planeados en fila, provocan una sombra de viento sobre las edificaciones, la cual se “refuerza” por la tendencia del viento a ser canalizado a través de los espacios libres sin pasar por las unidades posteriores.



**Figura 2.9:** Flujo de distribución del viento con disposición lineal de los edificios, sección y planta. Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve.

Estos edificios colocados de forma perpendicular a la dirección del viento reciben el 100% de la velocidad en su lado expuesto. Esta distribución de edificios es ventajosa para evitar los vientos en el invierno.

### 2.5.2.2. Unidades de edificios Intercalados

Las unidades de edificios intercalados, tienen la ventaja de que habrá fuertes patrones de viento desde las construcciones directas al flujo de viento y hacia las unidades subsecuentes, por lo que el esquema de corrientes es más uniforme, quedando casi eliminadas las zonas de aire estancado (Olgay V., 1968).

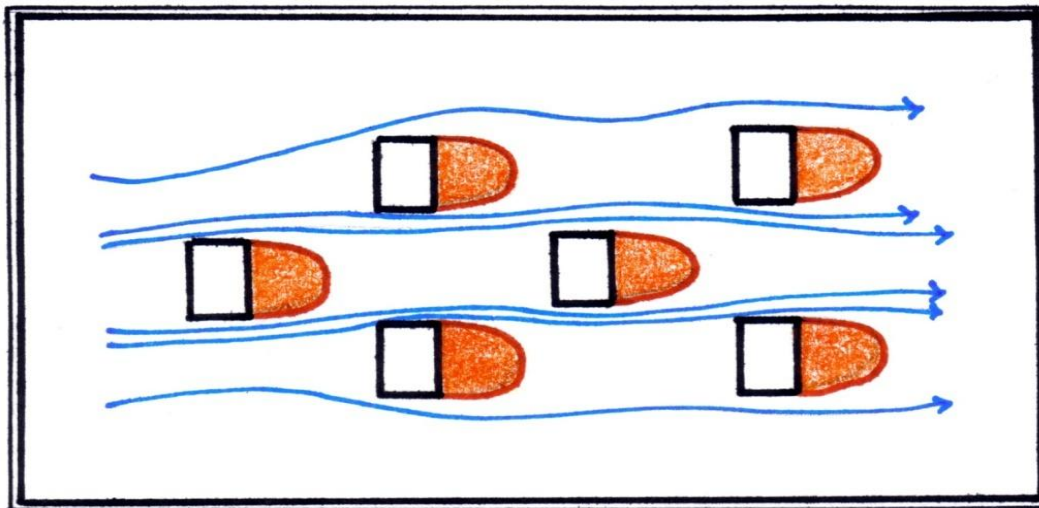


Figura 2.10: Flujo de distribución del viento con disposición de edificios intercalados. Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve.

### 2.5.2.3. Edificios Altos

El viento es una carga dinámica (que varía en el tiempo) con una determinada dirección e intensidad, o sea, una masa de aire en movimiento que al chocar contra el obstáculo (edificio alto) tiende a volcarlo y a correrlo. La presión dinámica del viento es máxima en el centro de la fachada de dicho edificio por simetría, este se llama punto de obstrucción y va disminuyendo en los bordes.

Las construcciones sometidas a la acción de vientos fuertes, pueden sufrir daños totales o parciales. Algunos de los efectos más comunes son: pérdida de estabilidad, deformación excesiva, rotura de los elementos estructurales y no estructurales, voladura de techos, vibraciones que afectan el confort de sus ocupantes y efectos sobre los peatones.

Las condiciones climáticas, la velocidad y dirección del viento, la variación estacional y los efectos dinámicos por presiones fluctuantes son causas que producen dichos efectos en las edificaciones en altura. El flujo de aire alrededor de un edificio, puede producir presiones o succiones mayores en determinados puntos que afectan muros o ventanas. Estos casos, sólo pueden predecirse mediante el ensayo de modelos en el túnel de viento.

En los pisos superiores de edificaciones de gran altura el efecto dinámico del viento, puede provocar problemas en el confort humano en relación a las amplitudes de las oscilaciones debidas al viento. Los edificios altos que se antepone al viento provocan una ventilación deficiente.

Si tenemos una habitación ubicada detrás de un edificio alto (en sotavento), la ventilación será deficiente por el incremento de la altura del edificio obstructor, ya que puede crear una corriente de aire a través de la habitación, pero en sentido contrario al viento.

La distribución de la presión alrededor de un edificio depende de su orientación con respecto a la dirección de los vientos dominantes, de su forma y de sus detalles arquitectónicos (protecciones, partesoles, volados, salientes, etc.), del efecto que provocan los edificios cercanos sobre la dirección del viento y de la turbulencia que se origina, además, de los elementos vegetales o artificiales que se localicen cerca del edificio (García Ch., 1987 y Tudela F., 1982).

Para el cálculo estructural de un edificio en altura se considera el viento en dirección horizontal y se aplica en el plano medio de la fachada. El conjunto se comporta como una ménsula empotrada en el suelo y sometida a flexión.

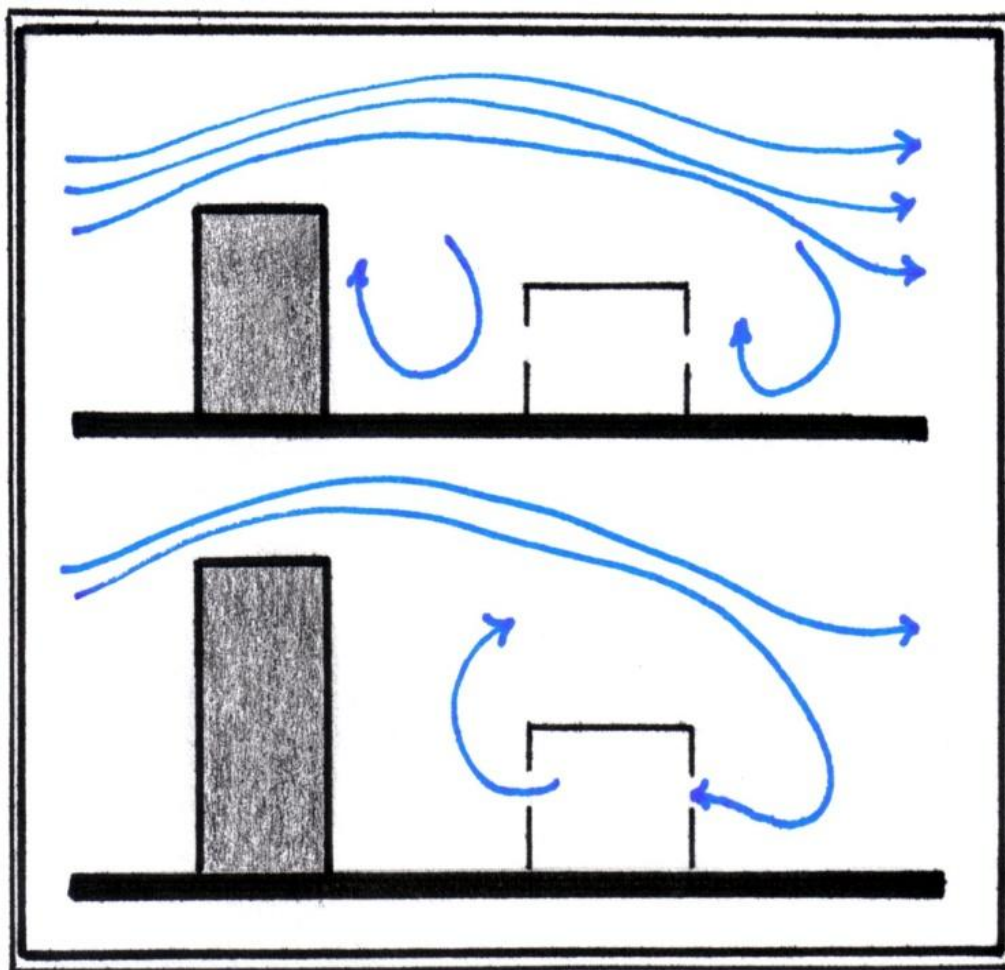
El viento al encontrarse con la construcción produce un momento volcador (MV), que aumenta con la velocidad y la superficie expuesta (a mayor velocidad de viento y más superficie, mayor momento volcador).

Algunas consideraciones a tener en cuenta en el diseño ARQUITECTÓNICO Y ESTRUCTURAL de un edificio en altura son:

- **Altura:** a mayor altura de fachada, mayor carga de viento (y también a mayor ancho en la fachada).
- **Entorno:** las características del entorno inmediato pueden modificar la intensidad del viento, esto es porque el edificio puede estar más o menos protegido por otros edificios y puede estar expuesto totalmente a la acción del viento.
- **Forma:** tiene en cuenta las dimensiones principales alto, ancho y el largo (h, a, b), y permite efectuar algunas reducciones siempre y cuando el edificio sea rígido, homogéneo y alguna de sus dimensiones supere los 20 m. Este factor afecta en forma uniforme toda la altura del edificio.
- **Orientación:** además debemos tener en cuenta la orientación, si el edificio o la fachada está expuesta a Barlovento, frontal al viento (presión) o a Sotavento (succión).

La Torre Latinoamericana con 204 metros hasta el remate del último piso, ícono de la arquitectura e ingeniería Mexicana, fue el edificio más alto en la Ciudad de México, desde su construcción hasta que se terminó la construcción del World Trade Center en 1972. Es considerado el primer edificio en construirse sobre la zona sísmica y después

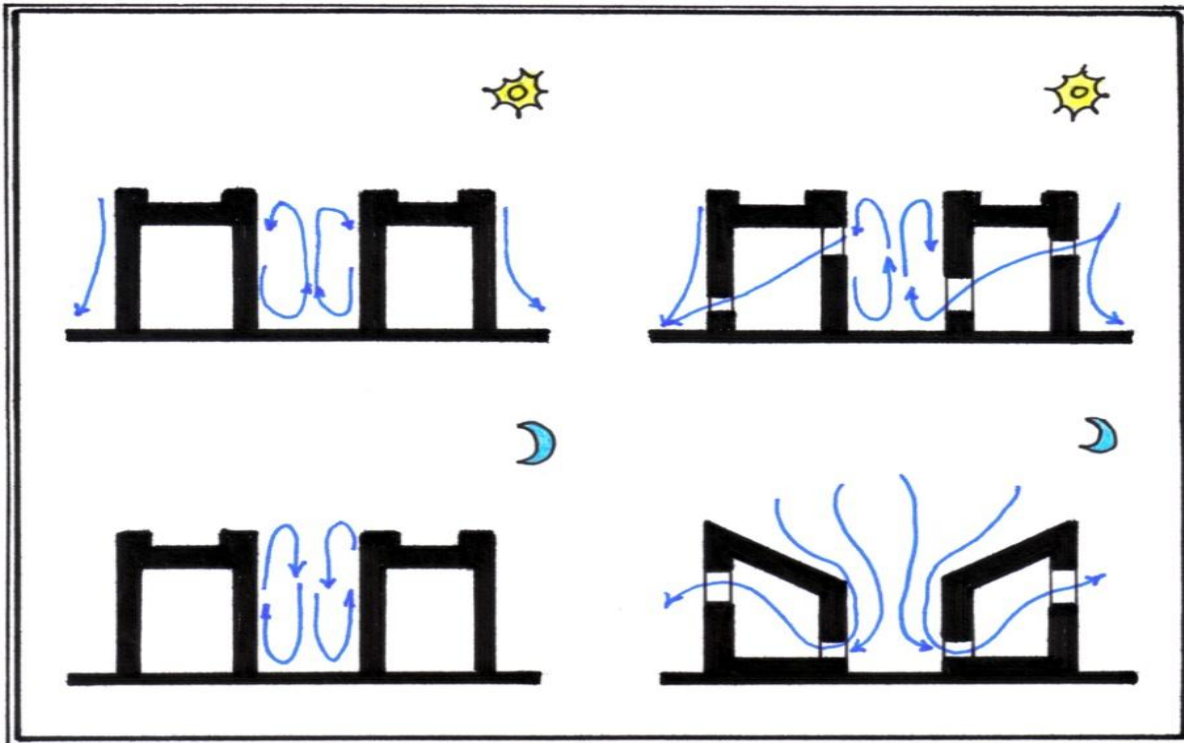
del terremoto de 1957 se le consideró como la única estructura que podría soportar más de 15 temblores de 6.0 en la escala sísmica de Richter.



**Figura 2.11:** Edificios altos que se anteponen al viento provocan ventilación deficiente. Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve

Alrededor de la Torre Latinoamericana a nivel de piso se incrementa significativamente la velocidad del viento, excediendo el promedio del tejido urbano compacto tradicional (edificios más bajos y de fachada continua). El atrio de acceso a la torre, es un espacio abierto urbano, en el cual el viento transmite efectos negativos al transeúnte e incomodidad al andar (rostro, vestido, etc.), por lo que en ocasiones el peatón prefiere evadir éste tipo de espacios ventosos.

#### 2.5.2.4. Patio y Atrio



**Figura 2.12:** Patio y atrio. A la izquierda patrones típicos de las corrientes de aire en patios con edificios cerrados. A la derecha patrones típicos de las corrientes de aire en patios con edificios abiertos. Dibujó L. Monsalve.

Los patios interiores y exteriores han sido utilizados durante siglos por diferentes culturas y regiones del mundo, por privacidad o seguridad, pero uso principal es el control climático.

Los patios son abiertos generalmente al cielo y pueden tener cubiertas móviles para brindar sombra y protección en caso de lluvia. El atrio tradicional fue una invención griega, el cual posteriormente, fue adoptado y utilizado por los romanos; el atrio contemporáneo se diseñó para control climático principalmente.

El uso del atrio es generalizado durante todo el año en condiciones áridas, mientras en condiciones cálido-húmedas, su óptima utilización se da en los períodos sin lluvias. Localizado generalmente en el centro del edificio, pero a veces se encuentra en una

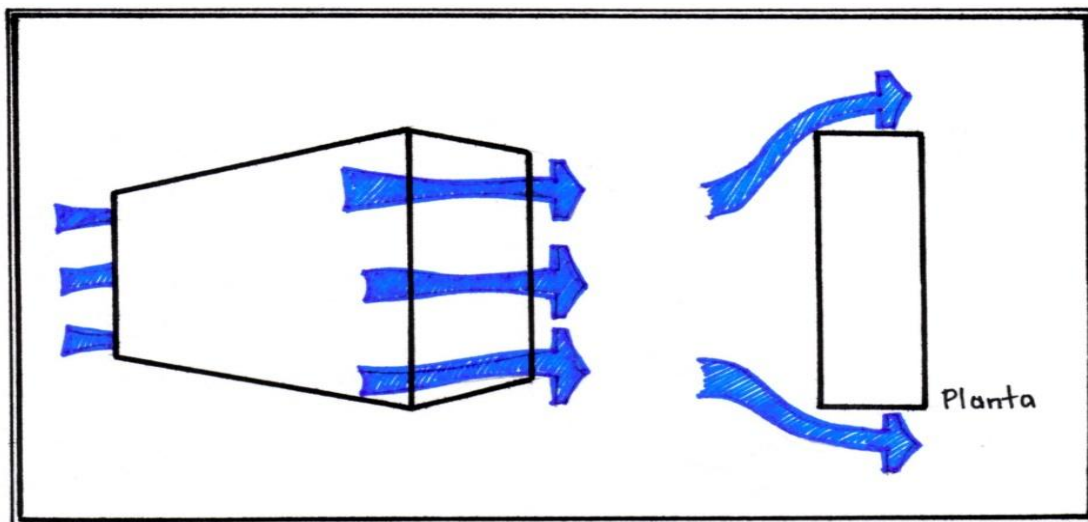
cara de la fachada, donde sus funciones son muy similares a las de un invernadero anexo. Los atrios pueden tener techo permanentemente cerrado o ajustable (García J. y Fuentes V. 2005).

## 2.6. Efectos del viento a Nivel Urbano

Desde las primeras etapas del diseño, es necesario prever los efectos que toda nueva edificación puede producir en las condiciones de aireación de los espacios que la rodean. En ocasiones, estos efectos pueden perjudicar seriamente las condiciones de habitabilidad del área objeto de estudio. A continuación se reseñan algunos efectos que por su frecuencia en las edificaciones a nivel urbano, representan una tipificación.

### 2.6.1. Efecto de Esquina

Este efecto se produce cuando a consecuencia de la sobrepresión a barlovento (figura 2.13), las líneas de corriente se desvían hacia las esquinas en cuya zona puede alcanzar el aire fuertes velocidades (Izard J. et al, 1980).



**Figura 2.13:** Efecto de Esquina y sección del recorrido del flujo de viento en espacios urbanos.

Dibujó L. Monsalve.

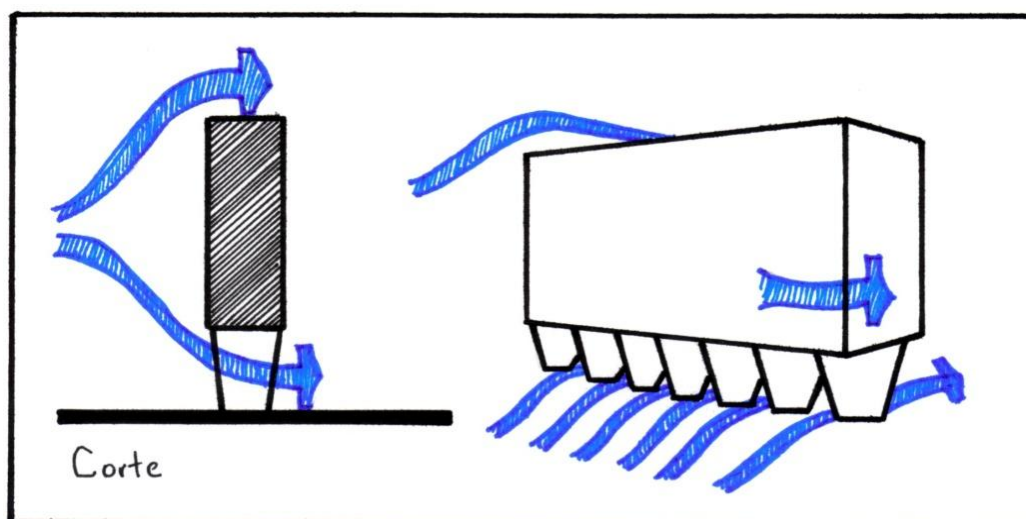


En el ángulo de un edificio de gran altura, las aceleraciones del viento pueden ser más elevadas (Tudela F., 1982) edificios bajos. El efecto de esquina se puede mitigar, al disponer de masas de vegetación en las zonas de las esquinas o diseñando una progresión de alturas en sus construcciones.

### 2.6.2. Efecto de Pilotes

Cuando existan perforaciones o espacios abiertos en la planta baja de una edificación, se habla del efecto de pilotes en las construcciones (figura 2.14); en éste tipo de edificios el flujo de viento se encauzará por ellos alcanzando fuertes velocidades. Estos espacios, sirven de puente entre las sobre presiones de barlovento y las depresiones de sotavento (Tudela F., 1982).

El efecto adquiere una magnitud molesta cuando la altura del edificio supera los 15 metros. Cuando un edificio se eleve sobre pilotes laminares, el flujo se encauzará a través de ellos aun cuando la incidencia se produzca en forma sesgada.



**Figuras 2.14:** Efecto Pilotes: sección y perspectiva del recorrido del flujo de viento en espacios urbanos.

Dibujó L. Monsalve.



Las perforaciones de la planta baja resultan mucho más sensibles al ángulo de incidencia. Este efecto resulta mucho más molesto para los peatones en la zona de salida del aire que en la entrada.

El efecto pilotes está condicionado por la existencia de un sensible gradiente vertical de velocidades, el cual se produce si la edificación sobrepasa los 15 metros, el efecto se refuerza de manera considerable cuando se presenta a barlovento una construcción baja y algo distanciada.

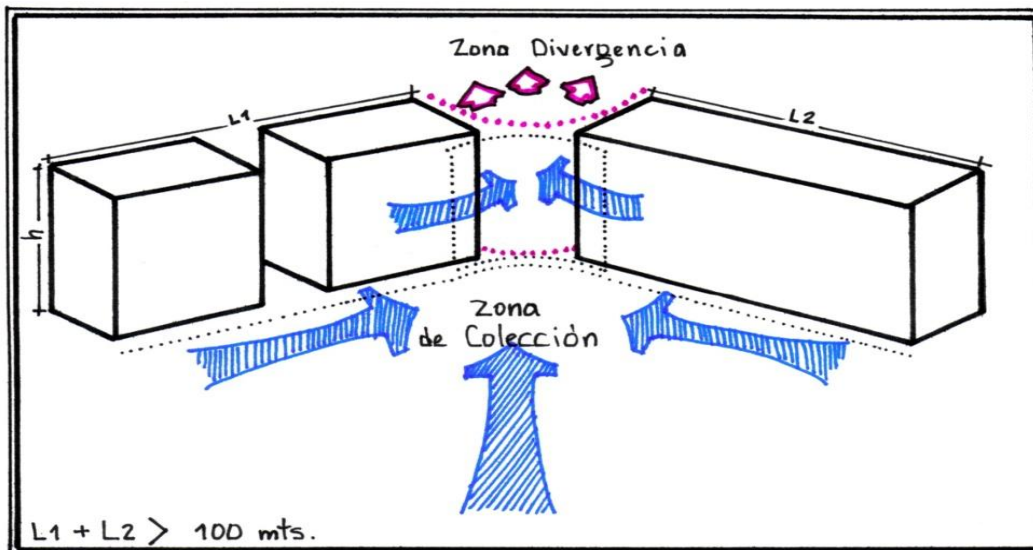
El viento rodea el obstáculo y es guiado por los pilotes, luego vuelve a salir en forma de chorro de aire (Izard J. et al, 1980).

### **2.6.3. Efecto Venturi**

El efecto Venturi del viento a nivel urbano se presenta cuando la disposición en embudo de las masas edificadas determina un encausamiento de los flujos y un aumento local de la velocidad (Tudela F., 1982), en otras palabras, cuando dos edificios se hallan implantados de manera que formen un colector, se crea una aceleración a nivel del suelo (Izard J. et al, 1980).

Se acentúa cuando las alturas superan los 15 metros, pero también cuando los frentes que configuran el ángulo de colección suman más de 100 metros, cuando el ancho del estrangulamiento es del orden del doble o del triple de la altura media, cuando las formas del angostamiento son redondeadas y cuando la dirección del flujo coincide aproximadamente con la bisectriz del ángulo de colección.

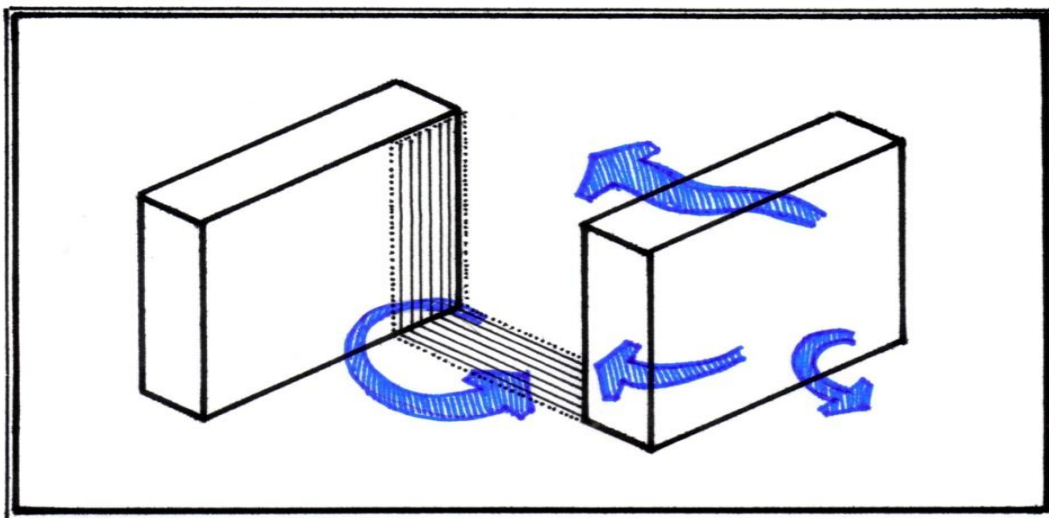
Este efecto es muy sensible a la dirección del viento. La zona crítica coincide lógicamente, con el angostamiento que se presenta entre los dos edificios (figura 2.15).



**Figuras 2.15:** Efecto Venturi del recorrido del flujo de viento en espacios abiertos.

Dibujó L. Monsalve.

#### 2.6.4. Efecto de Pasillo por desfase



**Figura 2.16:** Efecto de Pasillo por desfase a nivel urbano. Dibujó L. Monsalve.

Este efecto de pasillo por desfase se presenta cuando dos edificios de altura suficiente ( $h \geq 15$  metros) interceptan en forma desfasada un flujo normal a sus perfiles mayores.

Para que el efecto de pasillo por desfase sea sensible, se necesita que la separación entre las dos construcciones sea igual o inferior a la altura media y que el segundo edificio presente un frente a barlovento suficiente como para generar la sobrepresión (Tudela F., 1982).

### 2.6.5. Efecto de Canalización

El más obvio de todos los efectos del viento a nivel urbano es el efecto de canalización: la “calle” tradicional determina un encausamiento o trayectoria del flujo del viento (figura 2.17), que sólo resultará en general molesto si se reemplaza con un efecto Venturi, o con un fuerte flujo dominante (Tudela F., 1982).

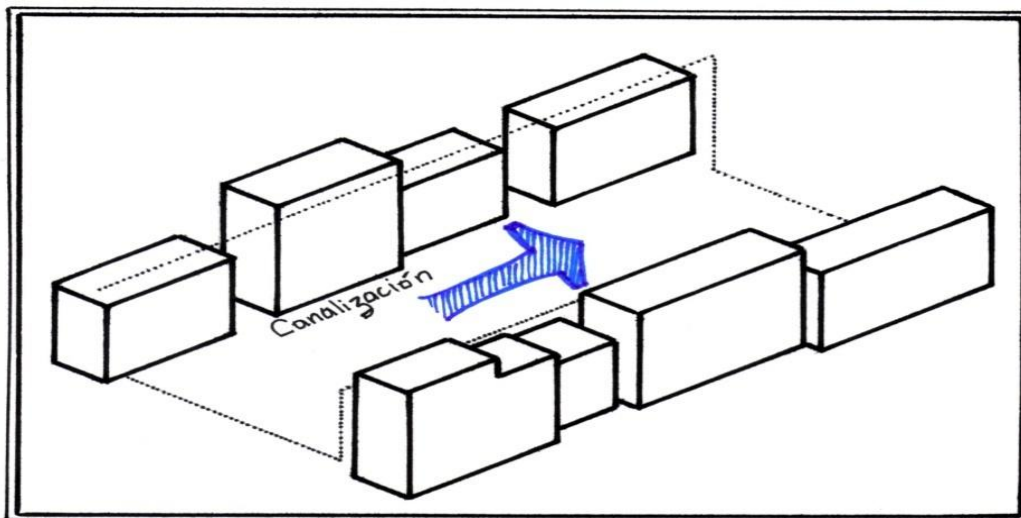


Figura 2.17: Efecto de Canalización del recorrido del flujo de viento a nivel urbano.

Dibujó L. Monsalve.

## 2.7. El Viento como condicionante del Diseño Urbano

El viento es uno de los factores decisivos para el confort térmico de áreas urbanas. El régimen de vientos local es el más determinante desde el punto de vista urbanístico, ya que diversos factores geográficos, topográficos, de suelo o de tipo vegetal y la masa edificatoria lo van a particularizar notablemente.

Los vientos locales son difíciles de predecir, para un proyecto urbanístico es imprescindible conocerlos a través de los datos de velocidad y dirección del viento y analizar la acción del mismo sobre el espacio, conocer su variabilidad y obrar en consecuencia.

Generalmente, el régimen de vientos es variable, aparecen diferenciados los vientos nocturnos de los diurnos, los de la época de secas o la de lluvias; ésta circunstancia es una ventaja, ya que las necesidades suelen ser también variables y por lo tanto, ayudan a la adopción de técnicas de acondicionamiento pasivo, ya sea en el campo urbanístico o arquitectónico.

La precisión de datos meteorológicos de los vientos locales está llena de dificultades debido a que existen pocas estaciones u observatorios meteorológicos (conocer los registros de variables climatológicas), ubicadas cerca al sitio en el cual se implantará una nueva edificación.

Así mismo, los obstáculos naturales como colinas y cerros, generan nuevos flujos de viento con remolinos y zonas resguardadas que hacen variar el régimen de vientos locales de determinada zona. Si los obstáculos naturales suponen una alteración sobre una corriente de viento, la ciudad es un área donde aparecen numerosos frenos que van a condicionar de una manera significativa su régimen.

Es preciso reconocer la dificultad de predecir todas estas situaciones para el diseño de nuevas extensiones urbanas. Siendo los estudios de viento y su variación urbana muy importantes para el bienestar de la población, ya que son pocos los estudios que se han realizado y contrastado suficientemente como para sacar conclusiones fiables y generalizadas.

Se pueden destacar los estudios realizados por Olgyay en 1963, referidos a los flujos de aire en el interior de las edificaciones (Olgyay V., 1968). Muchas veces son las

experiencias reales las que pueden servirnos como casos prácticos frente a nuevas propuestas, sin olvidar las particularidades propias de cada lugar.

La presencia de manzanas, edificios altos y bajos, los elementos urbanísticos o de amueblamiento urbano, los cuales frenan las corrientes de aire con respecto a las del entorno circundante, formándose una especie de bolsa de aire estancado o inmóvil que también condiciona otras corrientes del entorno.

El aire caliente en la zona céntrica de la ciudad provoca corrientes de aire ascendentes, con lo cual se forma un centro de bajas presiones, el cual aspira el aire que está a su alrededor en todas las direcciones. Si el clima lo propicia, surge entonces un sistema de circulación de aire propio de la ciudad, aunque esto se puede ver profundamente modificado por la presencia de la contaminación urbana (Higueras E., 2006).

Por último, otro factor que influye en la velocidad y dirección del viento es la Isla de Calor o Isla Térmica. La presencia de este aire caliente en el centro de la ciudad provoca corrientes ascendentes de aire, con lo cual se forma un centro de bajas presiones que aspira el aire a su alrededor en todas las direcciones (Higueras E., 2006).

## **2.8. Vegetación y Viento en el Diseño Arquitectónico y Urbano**

La vegetación es el manto vegetal de un territorio. Dejando a un lado sus indudables características visuales y de paisaje, la vegetación estabiliza las pendientes, retarda la erosión, influye en la cantidad y calidad del agua, filtra la atmósfera, actúa como atenuante del ruido, constituye el hábitat de numerosas especies de animales y mantiene el equilibrio del ecosistema y microclimas urbanos.

Los alrededores inmediatos de los edificios bajos afectan claramente el flujo de aire y la velocidad del viento, lo cual permite mayor flexibilidad en cuanto a orientación para los edificios, ya que la utilización de arbustos, árboles y elementos arquitectónicos como paredes de cerramiento y celosías entre otros, permiten la creación de zonas de alta y baja presión cerca de la vivienda y con respecto a sus aberturas (García Ch., 1987).

Los arbustos, tienen influencia en el flujo de aire sobre las edificaciones, según sea su altura y cercanía a las aberturas de éstas. Por ejemplo, el follaje masivo y denso de un árbol funciona como un bloqueo al paso del aire, consecuentemente, la velocidad del viento directamente debajo de él, se incrementa (Olgyay V., 1968).

En la Texas Engineering Experimental Station, se realizaron trabajos de campo y experimentos en maquetas sobre las modificaciones que la vegetación produce sobre los flujos de aire, lo cual se puede observar en las figuras de la tabla 2.5 que ilustra lo encontrado por White, 1957.

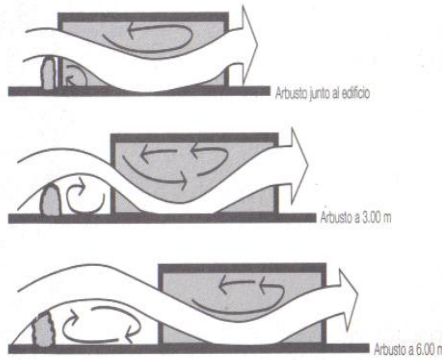
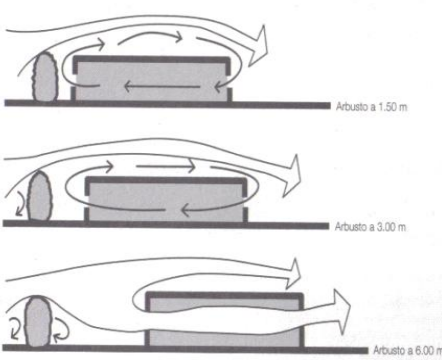
### **2.8.1. Acción de la Vegetación sobre la Velocidad del Viento**

La discontinuidad de las hojas o ramas, le confiere ventajas frente a otro tipo de barreras protectoras contra el viento, los cuales acostumbran a ser elementos fijos que generan efectos perjudiciales y grandes turbulencias en el entorno, puesto que no desvían los vientos, sino que los absorben y los hacen casi desaparecer, en una zona de amortiguación cuya longitud de acción es entre 7 y 10 veces la altura de los árboles (Higueras, 2006).

Se pueden canalizar corrientes de aire mediante filas de árboles altos, como los cipreses o los álamos. Las mejores pantallas son las especies de hoja perenne (forma cónica): el abeto, el álamo negro, el ciprés, el eucalipto, y el pino.

### 2.8.2. Acción de la vegetación sobre la Humedad Relativa

Por su función fisiológica, durante la fotosíntesis, las especies vegetales liberan humedad al ambiente; esta humedad procede del agua que ha sido sustraída por sus raíces. Un metro cuadrado de bosque aporta 500 kg de agua anuales (Higueras, 2006).

| Tamaño del arbusto           | Sección o corte de la habitación  | Descripción de lo que genera el viento  |
|------------------------------|---|---|
| <p><b>Arbustos bajos</b></p> |  <p>Flujo de aire sobre arbustos bajos</p>  | <p>La vegetación puede ayudar a obstruir y el paso del viento o canalizarlo e inducirlo dentro de una habitación cuando así convenga. Los arbustos pueden crear zonas de alta o baja presión alrededor de la vivienda con respecto a sus aberturas.</p>                 |
| <p><b>Arbustos altos</b></p> |  <p>Flujo de aire sobre arbustos altos</p> | <p>El flujo de aire pasa sobre el arbusto alto y sobre la cubierta de la edificación, creando una circulación interior - exterior en la habitación. A más de 6 m, el arbusto alto hace que el flujo de aire entre directamente a la habitación y sobre la cubierta.</p> |

**Tabla 2.4:** Flujos de ventilación exterior sobre las edificaciones teniendo en cuenta el tamaño de los arbustos.

Tomado de Viento y Arquitectura, 2005. Dibujó L. Monsalve

En verano, la temperatura ambiente en el entorno de la vegetación se reduce en una cantidad equivalente al calor latente preciso para evaporar el agua transpirada. No todas las especies aportan la misma cantidad de humedad al medio ambiente. Las especies frondosas en general, son las que más agua evaporan en comparación con otras especies.

### **2.8.3. Acción de la vegetación sobre la radiación solar**

Sobre los excesos de radiación en el suelo, los edificios o los espacios abiertos, etc., los árboles constituyen una pantalla ideal. En mayor grado las especies de hoja caduca, las cuales permiten un mayor control sobre la temperatura ambiental de las superficies horizontales y verticales (el suelo y las edificaciones), factor muy interesante para alcanzar el confort climático con recursos naturales.

Deben estudiarse la localización del árbol, la orientación y la sombra que arroja en invierno y en verano, así como la altura del porte y la distancia con respecto a las construcciones. Una distancia de seguridad para árboles entre 6 y 7 m de altura está entre los 8 y 10 m de distancia de la edificación (Higueras, 2006).

El mecanismo termorregulador que ejerce la sombra de los árboles es doble, por un lado, la interposición física a la radiación solar, protegiendo al suelo y a los transeúntes; por otro lado, la absorción de calor mediante la transpiración, liberando vapor de agua al ambiente, lo cual disminuye la temperatura efectiva de los espacios arbolados.

### **2.8.4. Acción de la vegetación sobre la contaminación atmosférica**

La función clorofílica descomponerte del dióxido de carbono, absorbiendo el carbono y liberando oxígeno al aire. Un km<sup>2</sup> de bosque genera unas 1.000 toneladas de oxígeno anuales (Higueras, 2006), requiriendo el doble de superficie una plantación de césped. También son fijados por la vegetación los óxidos de azufre, oxigenándose el SO<sub>2</sub> y dando lugar a sulfatos.



El plomo se acumula en las plantas sin transformarse, y de este modo lo eliminan de la atmósfera; también acumula polvo y partículas en suspensión entre las hojas gracias a fenómenos electrostáticos y a la presencia de aceites que caen de la atmósfera con la lluvia.

El efecto de limpieza del aire se puede producir de un modo aerodinámico, cuando la masa vegetal se interpone en el curso del viento y retiene las partículas, o bien por captación, gracias a la capacidad que tienen algunas especies vegetales para fijarlas.

La reacción de las plantas ante los contaminantes difiere según los factores particulares de crecimiento (abonos y humedad del suelo), de las condiciones atmosféricas (viento, lluvia, etc.) y del desarrollo de las mismas. Cada especie vegetal presenta reacciones diferenciales ante los diferentes elementos y sus respectivas concentraciones.

## **2.9 Enfoque Bioclimático**

El concepto bioclimático, arquitectura bioclimática, arquitectura solar pasiva, diseño climático...todas estas expresiones designan un interés común: la concepción de edificios y espacios urbanos adaptados a su propio clima.

El enfoque bioclimático es un tema de fácil comprensión, pues consiste simplemente en utilizar con acierto los recursos que la naturaleza nos ofrece: el sol, el viento, la temperatura, la humedad y la vegetación. De este modo es posible sacar partido de los fenómenos naturales de transmisión energética para obtener ganancias o pérdidas de calor a través de la envoltura del edificio.

El confort ambiental integral es el parámetro más importante dentro del diseño bioclimático, incluye el confort térmico, el confort higrotérmico, el lumínico, el olfativo, el auditivo y el relacionado con la calidad del aire intramuros. Lograr bienestar físico y psicológico es el objetivo primordial al diseñar y construir cualquier espacio ambiental integral. La falta de confort puede ocasionar graves trastornos físicos o psicológicos, y amenazar seriamente la salud.

La energía y la salud del ser humano dependen en gran medida de las influencias directas de su medio. En algunos días las condiciones atmosféricas estimulan y vigorizan nuestras actividades, mientras que en otros disminuye el esfuerzo mental. En ciertas áreas climáticas en las cuales prevalece el frío o el calor excesivo, la energía se ve disminuida por la tensión de adaptación biológica a estas condiciones.

### **2.9.1. Aspectos Generales del Diseño Bioclimático**

La idea de una arquitectura bioclimática es la realización consciente de edificaciones adaptadas a las condiciones climáticas para proporcionar a los usuarios ambientes térmicamente agradables, utilizando para ello la propia edificación y sus elementos constructivos, con un consumo mínimo de energía.

Esta concepción bioclimática, permite integrar el clima, la forma, la materia y la energía del lugar, creando una arquitectura más propia de cada región (González et al, 1986), y el nombre de enfoque bioclimático, se ha dado al proceso por el cual un diseño arquitectónico se desarrolla como respuesta a unos requerimientos climáticos específicos (Milhe et al, 1979).

Este nombre fue dado por los hermanos Olgyay, quienes con la intención de proporcionar un índice de bienestar térmico que integrara gráficamente las variables que lo afectan y los mecanismos correctivos necesarios para restablecer las condiciones de bienestar térmico, desarrollaron la “Carta Bioclimática” (The Bioclimatic Chart), la cual veremos de manera más detallada, en un apartado de éste capítulo.

### **2.9.2. Principios del Diseño Bioclimático**

La arquitectura bioclimática, tiene la función de crear espacios con una finalidad expresiva y funcional, teniendo en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort térmico en el interior y exterior del edificio, jugando exclusivamente con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin la utilización de sistemas mecánicos, los cuales son considerados como sistemas de apoyo.

El flujo o la energía en una estructura o espacio se basa en los principios de la termodinámica. La primera ley establece: la energía no se crea ni se destruye, se transforma; mientras que la segunda ley dice: la energía calorífica siempre viaja de un cuerpo a otro con mayor temperatura a uno con menor temperatura. Las pérdidas o ganancias de calor que se producen entre un espacio interior y el exterior es realizado mediante cuatro diferentes maneras: conducción, convección, radiación y evaporación.

La expresión arquitectónica debe sintetizar los datos que ofrecen la meteorología, la biología y la ingeniería, pasos que podemos resumir y aplicar en el diseño arquitectónico con enfoque bioclimático y generar el confort al ser humano, V. Olgyay, 1968:

### ***Clima***

Analizar la temperatura, la humedad relativa, la radiación solar y los efectos del viento de determinada región en el transcurso del año, considerando también las condiciones del microclima existente en el sitio seleccionado.

### ***Evaluación biológica***

Se basa en las sensaciones humanas, es necesario hacer un diagnóstico del impacto del clima a lo largo del año en términos fisiológicos, los datos climatológicos ordenados en una tabla temporal mostrarán las medidas que deben alcanzarse para obtener condiciones de confort.

### ***Soluciones tecnológicas***

Después de que los requerimientos bioclimáticos de confort son definidos, es necesario interceptar los elementos del clima adversos y utilizar los impactos favorables en el momento justo en cantidades adecuadas. Una construcción balanceada en términos climáticos debe considerar:

- La orientación de la construcción con relación al sol para ganar o evitar radiación solar según el período estacional.
- Las características del sitio en los períodos fríos y calurosos.
- La forma de la vivienda con relación al sol y a las características del sitio.
- Los vientos, brisas y el movimiento del aire interior, los cuales determinarán la localización, distribución y tamaño de las aberturas.
- Las propiedades térmicas de los materiales.

### ***Aplicación Arquitectónica***

Partiendo de las tres primeras fases del proceso se obtiene la aplicación arquitectónica, por medio de un equilibrio climático en el lugar, la ordenación urbana de las edificaciones y el diseño de las mismas (fusionar la climatología del lugar, la biología, la arquitectura y la tecnología).

El balance climático comienza con el estudio del sitio, debe tomarse en consideración desde la conceptualización del proyecto. La secuencia Clima-Biología-Tecnología-Arquitectura, lo cual permitirá encontrar soluciones a la relación clima-confort y la expresión arquitectónica será el resultado de la investigación (Olgay V., 1968).

### **2.9.3. Confort Térmico del Hombre**

Desde la antigüedad, se ha conocido que el tiempo atmosférico y el clima afectan la salud y el bienestar del ser humano. El confort es el parámetro más importante dentro del diseño arquitectónico bioclimático para lograr bienestar físico y psicológico al ser humano.

En cualquier espacio en que se realice actividad humana es necesario el confort, de lo contrario cuando no se cuenta con condiciones adecuadas se afectan la eficiencia y productividad hasta llegar a producir trastornos físicos, psicológicos y de salud en general.

El confort es el estado mental del hombre en el cual expresa satisfacción o bienestar psicológico ante el medio ambiente que lo rodea. El viento, es un factor determinante en la obtención del confort, se puede utilizar como estrategia de control bioclimático, al crear flujos interiores convectivos y minimizar la infiltración de aire frío en la época de bajo calentamiento y minimizando las entradas de aire caliente en la época de sobrecalentamiento.

En su informe de 1984, la Organización Mundial de la Salud reportó que más del 70% de las enfermedades del aparato respiratorio se deben a los diseños inadecuados de las edificaciones. La OMS, señala a los arquitectos como los responsables directos del mal estado de salud de los habitantes de sus construcciones; lo cual hace importante, tomar conciencia en el momento de diseñar espacios hacia una búsqueda y satisfacciones de las verdaderas necesidades del ser humano en su hábitat, mediante la implantación de una arquitectura que brinde armonía e integración con el entorno.

El concepto de confort va más allá de la simple ausencia de notorias disfuncionalidades climáticas; se puede no obstante precisar en el sentido más estrecho de “confort térmico”. Las reacciones frente a una situación climática concreta varían de un individuo a otro.

Entre los principales factores que intervienen se podría citar la constitución física, la edad, el sexo, la dieta, el grado de alimentación, y las influencias culturales (Sánchez de C., 1984). La especie humana se ha ido adueñando del planeta, gracias a su impresionante capacidad de adaptación a los cambios, y en particular, a los de tipo climático.

### **2.9.3.1. Confort Ambiental**

Algo fundamental es comprender el concepto de confort ambiental dada la complejidad de la naturaleza humana en relación con un entorno saludable para el hombre, donde

inciden acciones de confort térmico, lumínico, olfativo, acústico, psicológico, moral y social.

Confort es la satisfacción y bienestar en un ambiente determinado. La sensación de confort depende de condicionantes ambientales y las demandas responden a necesidades físicas pero también culturales de los usuarios ya que las exigencias dependen de hábitos que devienen de la situación cultural y económica.

Los seres humanos debemos mantener una temperatura interna constante. Por lo que debemos eliminar el calor que generamos. Si eliminamos más tenemos sensación de frío, si eliminamos menos, la sensación es de calor.

Podemos definir seis variables principales para el confort térmico: la actividad, el vestido, la temperatura media radiante y la temperatura, velocidad del aire y humedad del aire. Modificando esos parámetros es posible organizar infinidad de espacios que cumplan con las exigencias del confort. La elevación de la temperatura del aire puede compensarse con una disminución de la temperatura media radiante o un aumento de la velocidad del aire.

### **2.9.3.2. Confort Térmico**

Se define generalmente como la situación en la cual los individuos expresan estar complacidos con las condiciones climáticas que los rodean. En vista de que ello involucra cierta subjetividad, los diseñadores se plantean como meta satisfacer al mayor número de personas (generalmente más del 80%). El malestar puede resultar de ambientes fríos o calientes o puede expresarse como molestia en alguna parte específica del cuerpo (inconfort local).

La evaluación de las condiciones climáticas para diseñar edificaciones de acuerdo con los requerimientos o necesidades bioclimáticas del ser humano, se hace necesaria a fin de establecer comparaciones entre las condiciones exteriores del lugar y aquellas que

necesita el hombre para realizar sus actividades con menos desgaste físico y mínimo consumo energético. El hombre se ha enfrentado a una diversidad de climas, logrando establecer en cada uno de ellos las condiciones de bienestar para su justo desarrollo.

Al mismo tiempo, el ser humano, ante variaciones climáticas extremas, tiene la posibilidad de reaccionar para adaptarse a esas condiciones de diferentes modos: fisiológicamente, modificando su vivienda, su vestido, variando su actividad, etc., lo cual permite que se ajuste térmicamente al lugar para mantener la salud física del cuerpo (González et al, 1986).

#### **2.9.4. Intercambios térmicos entre el hombre y el ambiente**

##### **2.9.4.1. Equilibrio Térmico: Importancia de su mantenimiento**

Mantener el balance, entre la cantidad de calor producido o ganado por el cuerpo y el desprendido por el mismo, es una de las necesidades más importantes del ser humano. El cuerpo humano tiene una temperatura interna que varía normalmente entre los 36.5°C y los 37°C.

El balance o equilibrio térmico del cuerpo consiste precisamente en mantener su temperatura dentro de este rango, pues de otro modo, si la temperatura aumenta o disminuye demasiado puede ser seriamente lesionado el organismo (González et al, 1986).

En situaciones en las que resulta imposible para el cuerpo perder calor y su temperatura comienza a ascender, alcanzando valores de 40°C ó 40.5°C, puede presentarse un estado de coma o incluso, el colapso total del cuerpo.

Es por ello que se hace obligatorio, proveer las condiciones microclimáticas necesarias que permitan los intercambios térmicos convenientes para alcanzar el balance térmico.

Para lograr el balance térmico, el cuerpo se produce una serie de fenómenos mediante los cuales éste gana o pierde calor y lo podemos resumir en la siguiente ecuación (ASHRAE, 1988):

$$M \pm (-W) \pm R \pm Cv \pm Cd - E = 0$$

Donde:

- M** = Grado de metabolismo basal y muscular
- W** = Trabajo físico
- R** = Calor que gana o pierde el cuerpo por radiación
- Cd** = Calor que gana o pierde el cuerpo por convección
- Cv** = Calor que gana o pierde el cuerpo por conducción
- E** = Calor que pierde el cuerpo por evaporación

Como podemos observar en la figura 2.24, cuando la sumatoria de las ganancias o pérdidas son iguales a cero, el cuerpo se encuentra en equilibrio. Si esto no ocurre y el resultado de las ganancias de calor son mayores que las pérdidas o lo inverso, el organismo pone en funcionamiento una serie de mecanismos autorreguladores que trabajan dependiendo de las diferencias.

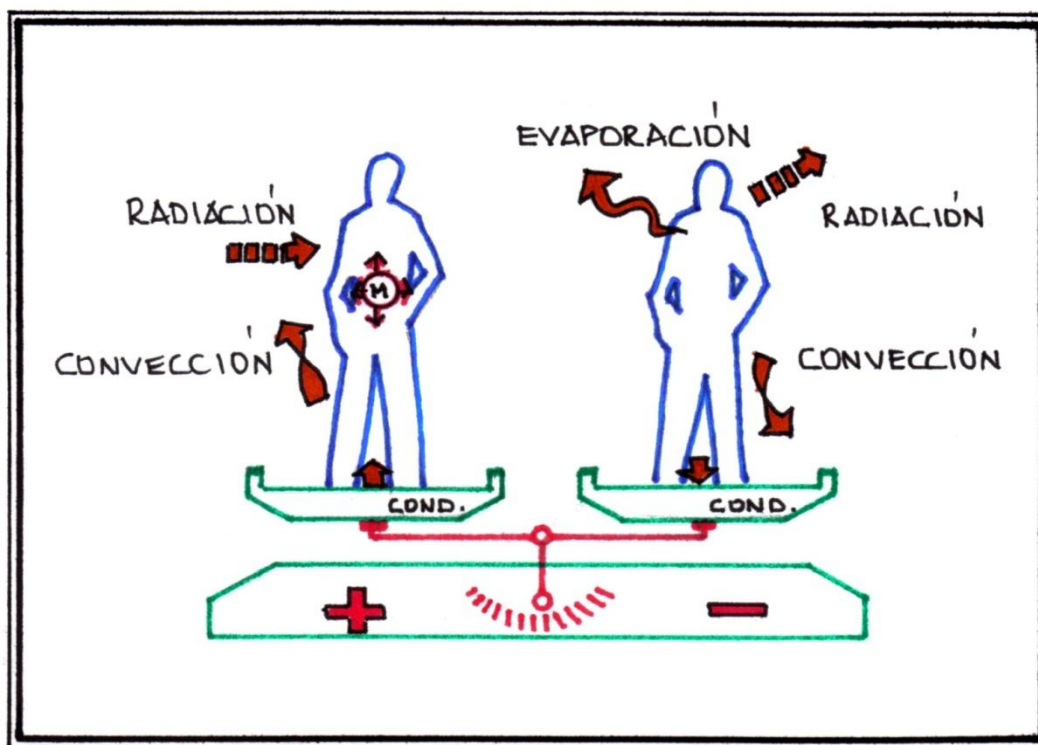
Cuando las ganancias de calor son mayores que las pérdidas, debido a las condiciones microclimáticas existentes o al calor producido en exceso por la actividad realizada, se manifiesta inmediatamente un aumento en el flujo sanguíneo acompañado de una dilatación de los vasos capilares, incrementándose de este modo el transporte de calor hacia la piel, desde donde se aumentará la pérdida de calor por radiación o convección (González et al, 1986).

Cuando el ambiente térmico que rodea al individuo es más frío o mucho más frío que él, las pérdidas de calor desde el cuerpo se incrementan pudiendo ser superiores a las ganancias. En este caso, el mecanismo vasorregulador del organismo funciona



disminuyendo el flujo sanguíneo hacia la superficie del cuerpo mediante la contracción de los vasos capilares.

Todos estos mecanismos reguladores le permiten al organismo humano mantener en condiciones climáticas adversas, el equilibrio térmico necesario para el bienestar fisiológico.



**Figura 2.18:** Equilibrio térmico del cuerpo humano:  $M \pm (-W) \pm R \pm Cv \pm Cd - E = 0$ .

Dibujó L. Monsalve

En la medida en que un cuerpo logra su equilibrio térmico, éste se está acercando a una zona de condiciones ambientales en la cual, el mayor porcentaje de las personas, manifiestan sentirse bien, es la denominada “Zona de Bienestar Térmico” (González et al, 1986).

B. Givoni (1969), expresa que el bienestar térmico puede definirse en un sentido negativo como “*la ausencia de irritación o malestar térmico*”, e indica que la delimitación de la zona de bienestar térmico tiene una base fisiológica, siendo ésta la que marca el rango de condiciones bajo las cuales, los mecanismos termorreguladores del cuerpo se encuentran en estado de mínima actividad.

### **2.9.5. Formas de transmisión de energía**

Hay tres formas de transmisión de energía: por conducción, por convección y por radiación, aunque también se agrega la evaporación.

#### **2.9.5.1. Conducción**

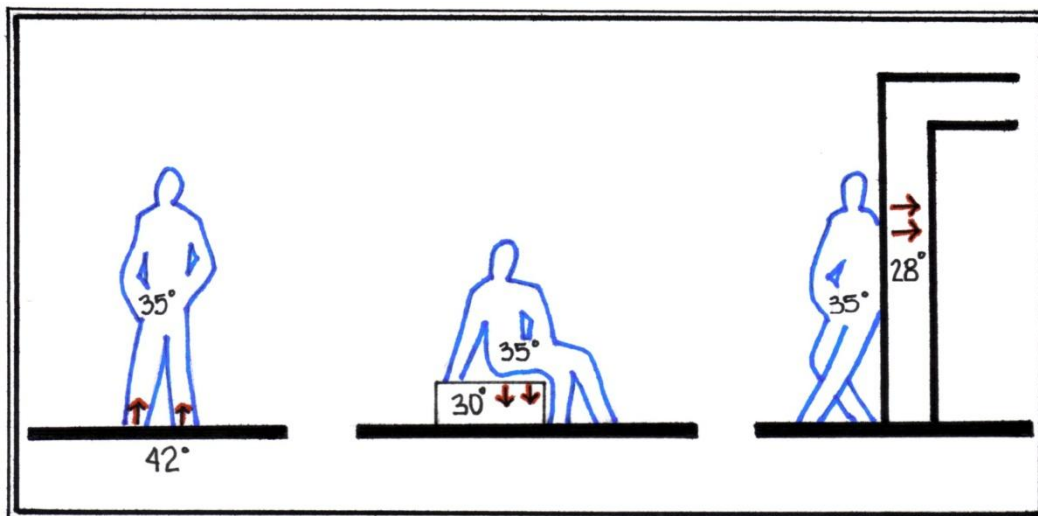
Es la transferencia de energía calorífica a través de un cuerpo sin que exista desplazamiento de materia. La conducción se efectúa por contacto directo y el calor fluye del lugar más caliente al lugar más frío.

Esta forma de transferencia de energía térmica desde la parte más caliente de un cuerpo a su parte más fría o desde la parte más fría a la parte más caliente de dos cuerpos en contacto físico, sin el desplazamiento de moléculas del o de los cuerpos (González et al, 1986).

La piel, por medio del contacto físico con su entorno inmediato: aire, ropa, suelo y muebles, puede ganar o perder calor, según sea más baja o más alta que la de la superficie de contacto del elemento de que se trate (Sánchez de C., 1984).

#### **2.9.5.2. Convección**

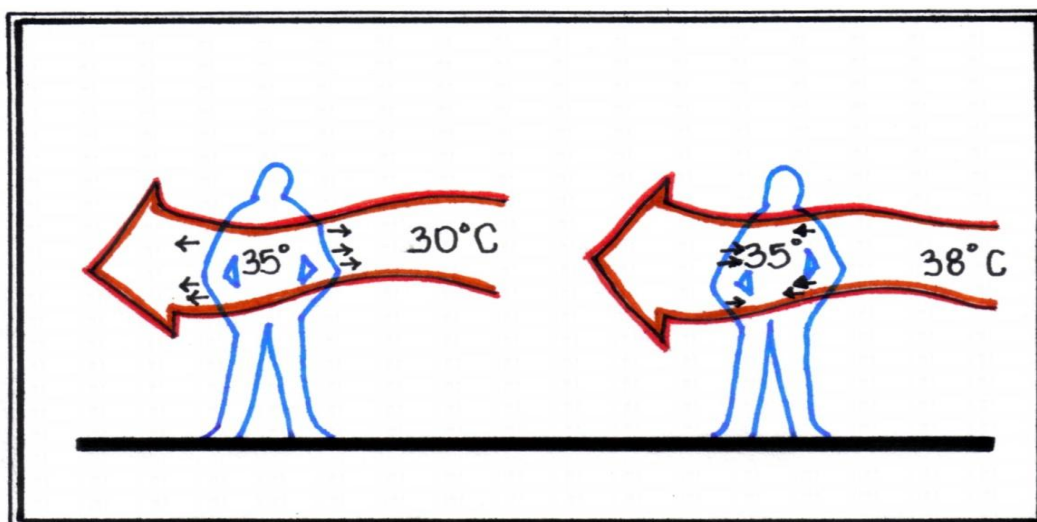
Transferencia de calor térmico entre el cuerpo humano y el aire, producida en la superficie de la piel, es decir, cuando el medio de conducción es un flujo en movimiento. Un elemento que juega un papel importante en la pérdida de calor por convección es la vestimenta, ya que ésta se interpone entre el aire y la piel, evitando el contacto directo del aire de menor a mayor temperatura que tome o seda calor térmico al cuerpo.



**Figura 2.19:** Intercambios de calor por conducción entre el hombre y su entorno.

Dibujó L. Monsalve

La transferencia de calor por convección entre el cuerpo humano y el aire se produce en la superficie de la piel. Este intercambio depende de la velocidad del aire y es proporcional a la diferencia entre las temperaturas del aire y de la superficie del cuerpo.



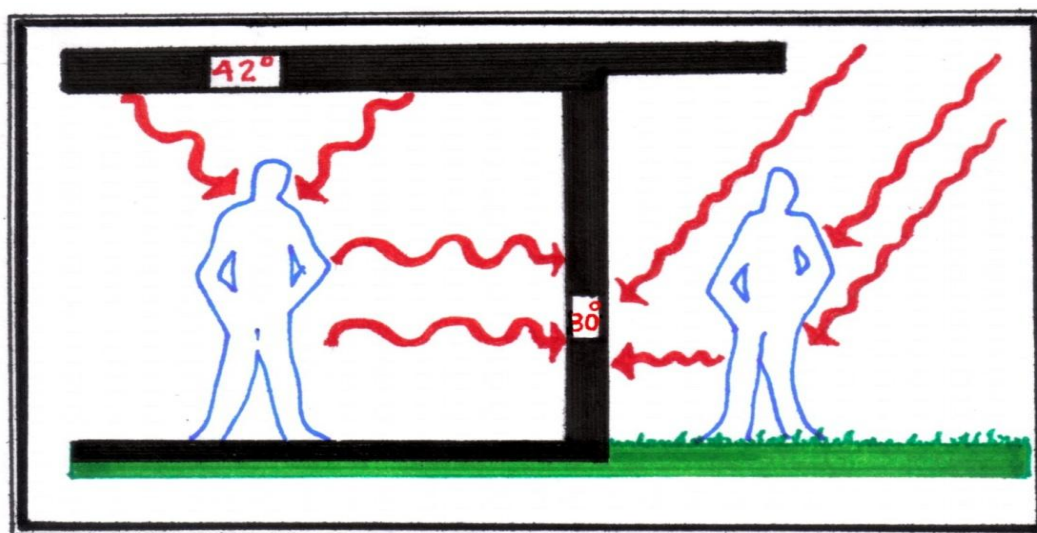
**Figura 2.20:** Intercambios de calor por convección entre el hombre y su entorno.

Dibujó L. Monsalve

### 2.9.5.3. Radiación

Es el intercambio de energía térmica en forma de ondas electromagnéticas entre dos o más cuerpos a diferentes temperaturas (el cuerpo estará en posibilidad de desprender calor por radiación, siempre que la temperatura media radiante sea inferior a  $35^{\circ}\text{C}$  y por el contrario cuando ésta sea mayor a  $35^{\circ}\text{C}$ , esta estará ganando calor por radiación), separadas por un espacio o un medio que es transparente o no absorbente de tales ondas.

La piel irradia siempre calor en la longitud de onda correspondiente a los infrarrojos (figura 2.21). Nuestro entorno emite a su vez radiaciones, ya sea en onda corta (radiación solar directa) o en onda larga (radiación terrestre). Se plantea pues un intercambio energético por radiación entre la piel y el entorno, incluso lejano (Sánchez de C., 1984).



**Figura 2.21:** Intercambios de calor por radiación entre el hombre y su entorno.

Dibujó L. Monsalve

Diferentes tipos de radiación entra a través de las ventanas y son absorbidas por las superficies interiores, produciendo un efecto de calentamiento. Al ser absorbidas por la superficie exterior de la edificación, se origina una aportación de calor, donde gran parte

pasa por conducción a través de los materiales, emitiéndose finalmente hacia el interior del mismo. Estos factores influyen las edificaciones de dos maneras (Fernández, 1981).

Otra forma de transferencia de calor relacionada con las edificaciones es la radiación de onda larga del edificio al cielo y a su entorno, efecto que se reduce cuando el cielo está nublado y es mayor, cuando la atmósfera está limpia y seca como en las regiones cálidas y áridas, donde se puede utilizar como fuente de energía para enfriar los edificios.

#### **2.9.5.4. Evaporación**

Es el cambio de estado del agua, de líquido a gas. En el individuo la pérdida de energía, se va a efectuar por medio de la evaporación del sudor sobre la piel o del agua en los pulmones, pues la energía que se requiere para realizar dicho proceso se tomará del cuerpo, perdiendo así éste una cantidad de calor que ayudará a obtener equilibrio térmico.

Si la producción de calor es relativamente mayor que la evaporación del mismo, se produce sobre la piel una capa de líquido que dificulta la transferencia de calor desde el cuerpo a la superficie de evaporación, de este modo parte del calor necesario para evaporar el sudor, es tomado del aire en contacto con el cuerpo, reduciendo así, el enfriamiento neto del mismo, (Givoni B.- Hombre, clima y arquitectura, 1969, Vol. I - pag.50).

Cuando las capas del aire que nos rodean poseen una humedad relativa inferior a 100%, se producirá disipación térmica al liberarse calor latente por medio de la evaporación del sudor sobre la superficie de la piel y también por la humectación del aire a su paso por los pulmones (Sánchez de C., 1984).

## **2.10. Recursos de Termorregulación**

La termorregulación es la capacidad del cuerpo para regular su temperatura, dentro de ciertos rangos, incluso cuando la temperatura circundante es muy diferente. La temperatura normal del cuerpo de una persona varía dependiendo de su sexo, su actividad reciente, el consumo de alimentos y líquidos, la hora del día y, en las mujeres, de la fase del ciclo menstrual en la que se encuentren.

El control individual de la actividad física del hombre, constituye en sí mismo uno de los principales mecanismos de termorregulación, ya que el “calor metabólico” depende de manera muy directa del tipo de actividad física que desarrolle el hombre. El organismo humano presenta diversas posibilidades concretas de termorregulación basadas en la variación de las condiciones de interacción entre piel (membranas respiratorias) y su entorno.

La piel es un órgano que desarrolla un conjunto de funciones de suma importancia, una de ellas es la de disipar el calor metabólico; esta dispersión es contrarrestada por la energía térmica que la piel absorbe del medio ambiente. La piel recibe calor andrógono mediante la circulación sanguínea.

Los mecanismos fisiológicos de termorregulación son de naturaleza involuntaria y se pueden clasificar atendiendo a los siguientes rubros:

### **A nivel de conducta física**

- El simple desplazamiento hacia zonas en las cuales las circunstancias climáticas naturales sean menos adversas.
- La intervención y transformación sobre el medio ambiente, en un sentido más favorable para las actividades humanas.
- La concepción y la fabricación de objetos que conforman la cultura material, donde algunos de los cuales tienen como finalidad principal el control bioclimático (vestido y edificación), (Tudela F., 1982).

**Grado de sudoración**

Las glándulas sudoríparas humedecen la superficie de la piel permitiendo la evaporación, la cual se realiza, si el aire que está en contacto con la piel no está saturado.

La evaporación consume calor latente, que el cuerpo toma en buena medida y es un medio de dispersión térmica. Cuanto más baja sea la humedad relativa del aire, mayor es la eficacia que adquiere el recurso de sudoración (Tudela F., 1982).

**Flujo de circulación subcutánea**

Este flujo varía de 0.16 litros de sangre por metro cuadrado de piel en estado de vasoconstricción a 2.2 litros por metro cuadrado de piel en estado de máxima vasodilatación (Tudela F., 1982).

Cuando el efecto es por frío, se produce una vasoconstricción generalizada, el calor metabólico permanece en mayor grado en el interior del cuerpo y se disminuye la temperatura de la piel. La vasodilatación por el contrario, permite un amplio despliegue superficial circulatorio, lográndose así, una mayor dispersión térmica.

**Modificación del apetito**

El clima es uno de los factores que determina el apetito en cada ser humano, es regulado en parte por la ingesta de alimentos en sus aspectos cuantitativos y cualitativos e influye, en la producción de calor metabólico.

(El Hipotálamo, este órgano detecta cualquier cambio de temperatura del torrente circulatorio interno por pequeño que sea y pone en funcionamiento una combinación de mecanismos de termorregulación acabados de describir y persisten, hasta que la temperatura sanguínea vuelve a la normalidad.

La eficacia de los recursos de termorregulación hace posible la homeotermia (capacidad de mantener temperatura corporal constante), pero cada uno de estos

recursos tiene alcances limitados. Existen márgenes normales de intensidad fuera de los cuales se presentan situaciones de creciente fatiga y desgaste, hasta alcanzar los límites biológicos.

### **Ritmo cardíaco**

Su aceleración acentúa la transmisión térmica del interior del cuerpo hacia la piel (Tudela F., 1982).

### **Ritmo respiratorio**

El aire que inhalamos se calienta si su temperatura es inferior a 37°C y se humidifica si su humedad relativa es inferior al 100% a su paso por los alvéolos pulmonares. De esta manera, se disipa una pequeña cantidad de nuestro calor metabólico y si se intensifica el ritmo respiratorio, se intensifica dicha disipación (Tudela F., 1982).

### **Intensidad de la actividad muscular involuntaria**

La sensación de calor produce relajación involuntaria de la actividad muscular y el frío, tensa los músculos aumentando así, la producción de calor metabólico (tiritar, es manifestación común involuntaria de la sensación de frío). Este mecanismo, tiene relación con la vasodilatación/vasoconstricción (Tudela F., 1982).

### **Zona de Confort**

La zona de confort, corresponde a la zona de equilibrio en la cual se requiere el mínimo gasto de energía para adaptarse térmicamente al ambiente. Si las condiciones climáticas se desvían de las condiciones de bienestar del hombre, éste tratará, a través del vestido y, sobre todo, del edificio, de producir un ambiente donde se minimicen dichas diferencias.



## 2.11. Gráfico Bioclimático

El gráfico bioclimático, indica los problemas y describe las medidas necesarias a tener en cuenta para obtener confort humano en diferentes climas. Para su aplicación consideraremos un ciclo anual completo del clima de la región o ciudad en el cual se aplicará.

### 2.11.1. Grafico bioclimático de Víctor Olgyay

En el gráfico de Olgyay (figura 2.22), la gráfica bioclimática se construye colocando la temperatura seca en el eje de ordenadas (vertical) y la humedad relativa en el eje de abcisas (horizontal).

La zona de confort se encuentra en el centro de la gráfica y las franjas de la zona de confort se dividen en verano (arriba) e invierno (abajo).

Alrededor de esta zona, se representan una serie de curvas correspondientes a la radiación solar, viento y evaporación que expresan las medidas correctivas que con esas variables se pueden realizar para situar los puntos que están fuera de la zona de bienestar dentro de ella (Olgyay V., 1968)

Los números indican las velocidades de viento necesarias en pies por minuto. Si la temperatura es alta y la humedad relativa baja, existe sensación de mucha sequedad y calor, y los vientos, no serán de gran ayuda, debiendo emplearse la evaporación para contrarrestar las temperaturas elevadas.

Si el punto cae dentro de la zona de confort, nos sentiremos bien a la sombra; pero si el punto cae fuera de dicha zona, necesitaremos aplicar medidas correctivas así:

- Si el punto se encuentra por encima del perímetro superior de la franja de confort significa que se necesita viento.

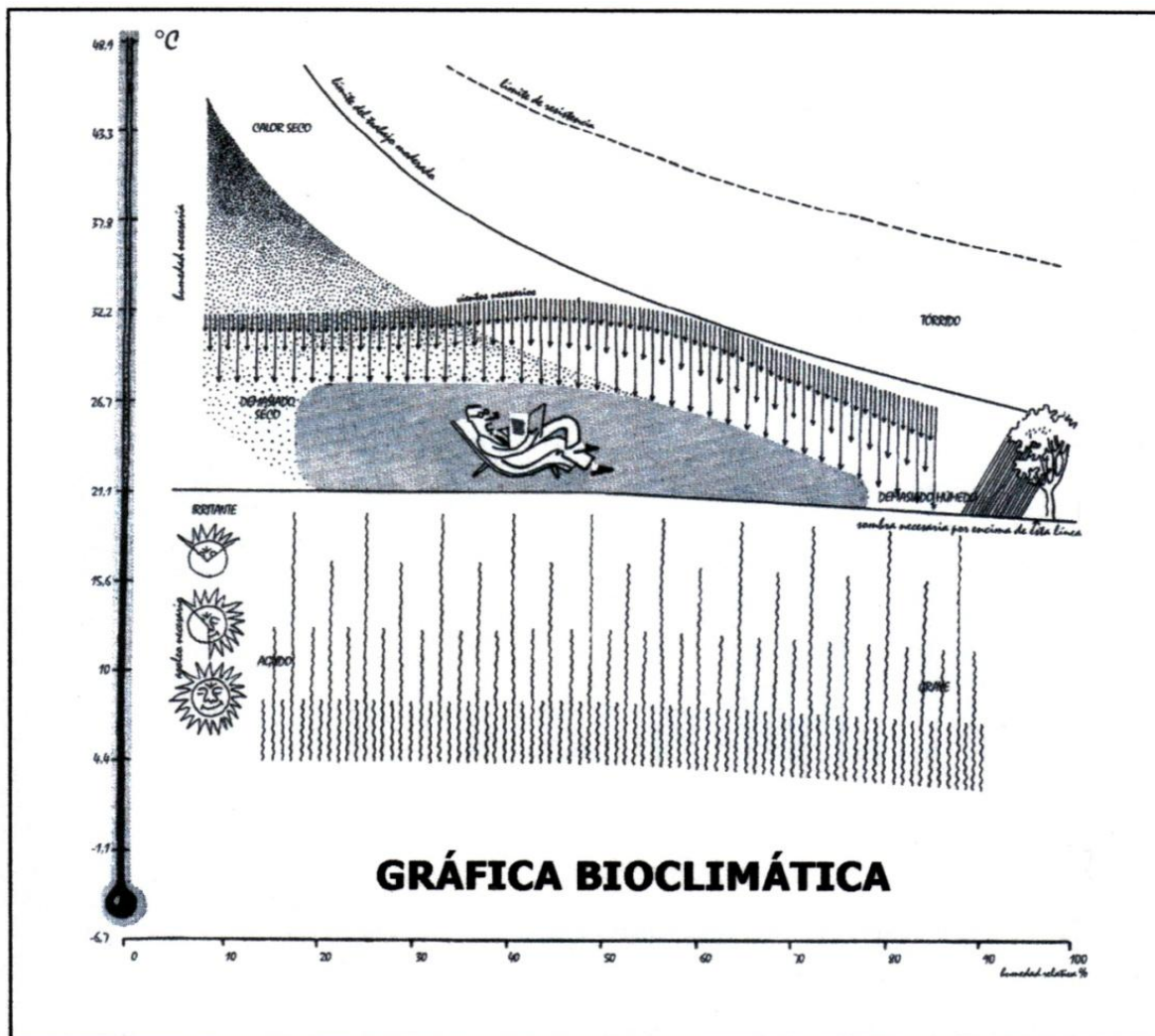


Figura 2.22: Gráfico bioclimático de Víctor Olgyay. Zona de confort. Izard-Guyot, 1980.

- Si la temperatura es alta y la humedad relativa es baja, el frío por evaporación es el elemento adecuado.
- Si el punto está sobre límite superior de la zona (sobrecalentado) se necesitarán movimientos de aire; la forma como éstos movimientos restablecerán la sensación de confort se graficará con líneas casi paralelas al límite superior del perímetro de la zona.

- En el perímetro inferior de la franja de confort tenemos una línea divisoria: Los puntos situados por encima de la misma necesitan sombra y, por el contrario, los puntos situados por debajo de ésta línea necesitan radiación.

Las líneas punteadas indican los granos o libras de agua (humedad) por libra de aire, necesarios para reducir las temperaturas, hasta alcanzar el nivel dado por el perímetro superior de la zona de confort. El perímetro inferior (punto infra calentado) indica, la línea después de la cual es necesaria la sombra y desde allí hacia abajo, se hace necesaria la radiación para equilibrarlas temperaturas inferiores del termómetro seco.

### **2.11.2. Uso del gráfico bioclimático**

En este gráfico se puede representar el clima de una zona conociendo sus temperaturas y humedades (generalmente las temperaturas y humedades medias de cada mes) de tal forma, que se pueda observar su desviación respecto a la zona de bienestar o de confort.

No se necesitará hacer correcciones cuando el punto trazado en la gráfica cae dentro de los límites de la zona de confort, y para cualquier punto fuera de esta zona, las correcciones necesarias para volver al confort, pueden tomarse directamente de la gráfica.

La evaluación bioclimática es el punto de partida para cualquier proyecto arquitectónico que aspire a proporcionar un entorno climático equilibrado. Las condiciones climáticas principales, se pueden trazar fácilmente sobre la gráfica, ofreciendo al arquitecto una rápida visión de las medidas que se pueden tomar para mantener el confort.

La evaluación climática, es el punto de partida para cualquier diseño arquitectónico que busca encontrar equilibrio climático-ambiental.

## 2.12. Índices Térmicos de Confort

El objetivo de éste tipo de estudios, es el de cuantificar las sensaciones térmicas y establecer escalas que permitan determinar las respuestas del individuo ante condiciones climáticas específicas. Para esto se utilizan metodologías similares, como el análisis de diversas variables climáticas que condicionan la sensación térmica. Sin embargo, varía su número y su importancia de acuerdo al autor. Los resultados se expresan en forma de índices o bien, mediante áreas de confort, ya sea en diagramas o en cartas bioclimáticas (Tudela F., 1982).

En este sentido, los diferentes índices térmicos para la evaluación del bioclima relacionan o intentan relacionar las respuestas psicológicas y fisiológicas a las condiciones ambientales, pero sólo algunas variables fisiológicas y ambientales son susceptibles de medirse cuantitativamente.

Durante los últimos 60 años, se han realizado gran cantidad de experimentos tendientes a identificar la forma integral en que actúan varios elementos climáticos sobre el cuerpo humano, utilizando espacios especiales donde se pueden controlar las condiciones climáticas, para así, conocer las reacciones de las personas dentro de las habitaciones. En esta forma, se ha establecido una variedad de métodos para indicar niveles de bienestar térmico de las personas ante diferentes condiciones climáticas.

Por su parte, Morgan y Baskett (1974), identifican dos enfoques en los estudios bioclimáticos; *el sintético o empírico*, en el cual se combinan diversas variables meteorológicas para expresar el confort térmico y *el analítico*, el cual explica las bases físicas del confort térmico examinando los intercambios de energía entre el hombre y su ambiente, teniendo en cuenta como base el balance de energético humano.

### **3. METODOLOGIA E INSTRUMENTACION**

Recopilación de datos climatológicos de dos Estaciones Meteorológicas: Palacio de Minería y Plan Texcoco, mediciones en el sitio de tres variables climatológicas: temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, recorridos peatonales y simulación y ensayos en el túnel de viento abierto, cuya configuración permite la visualización directa de los efectos del viento sobre las maquetas que reprodujeron situaciones urbanas (distintas características edilicias: esquinas y cruceros).

#### **3.1. Recopilación de Información**

Se analizó información de fuentes secundarias, relacionada con los objetivos propuestos a desarrollar: aspectos generales del clima de la Ciudad de México, el clima y la arquitectura, el viento a escala global y escalas menores, ventilación en arquitectura (flujos de aire alrededor de las edificaciones, los efectos del viento en espacios urbanos, entre otros temas de gran relevancia).

#### **Delimitación del Sector: Centro Histórico de Ciudad de México**

La delimitación del sector de estudio comprendió el cuadrante conformado por las calles Tacuba, Venustiano Carranza, el Eje Central Lázaro Cárdenas y la Avenida José María Pino Suárez; sector de gran importancia por sus 1500 Edificios Históricos y por el aumento de la temperatura de la Isla de Calor Urbano en los últimos años (Magaña V., 2011).

#### **3.2. Selección de los Cruceros de Estudio**

##### **Etapa 1. Recorridos peatonales y visualización del sector de estudio**

Se realizaron recorridos peatonales a diferentes horas del día (9:00 h a 19:00 h) en diferentes épocas del año (2004 y 2005) previas a la escogencia del sector de estudio; e igualmente, la visualización del sector de estudio teniendo en cuenta: las memorias fotográficas de las diferentes calles vehiculares y peatonales, las escasas zonas

verdes, alturas y materiales utilizados en las edificaciones, la forma de las esquinas y cantidad del flujo vehicular y peatonal.

### **Etapas 2. Selección de los Cruceos**

Después de observar, analizar las memorias fotográficas y teniendo en cuenta las particularidades antes mencionadas dentro del sector de estudio ubicado en el Centro histórico de la Ciudad de México, se escogieron las calles Bolívar, Isabel La Católica y la Av. 5 de Mayo, conformando los dos crucesos de estudio. Cruceo 1: Av. 5 de Mayo y calle Isabel La Católica y cruceo 2: Av. 5 de Mayo y calle Bolívar.

La Av. 5 de Mayo, es una de las vías más transitadas dentro del sector por un gran flujo peatonal constante durante el día, éste flujo peatonal se incrementa los sábados y domingos, ya que es la vía directa de los peatones a la Catedral Metropolitana y Zócalo capitalino. Las Calles Bolívar e Isabel La Católica, presentan tipologías arquitectónicas con esquinas a 45° y a 90° con y sin volados, haciéndolas de suma importancia en el estudio a realizar.

### **Etapas 3. Selección de las esquinas de estudio**

Las esquinas tipo o de estudio son a 90° y 45° con volado y sin volado. Dichas esquinas se encuentran representadas en los crucesos 1 y 2; en las que se realizó un análisis más puntual y se efectuaron mediciones in situ de temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento y así se verificó si existen las condiciones de habitabilidad en espacios exteriores para los peatones (confort en cada una de las esquinas).

### **Etapas 4. Gráficos comparativos estación rural y estación urbana**

Se realizaron los gráficos comparativos correspondientes de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en la estación rural Plan Texcoco y en la estación urbana Palacio de Minería; y así, encontrar algunas diferencias significativas de cada variable a causa del crecimiento en el tejido urbano y aumento de la densidad en la construcción.

### 3.3. MEDICIONES EN EL SITIO

Se realizaron mediciones en situ en las ocho esquinas que conforman los dos cruces de estudio, durante el bloque de las 12:00-17:00 horas para los días 31 de marzo, 1, 7 y 8 de abril del 2007.

#### a. Instrumentos

Se instalaron como instrumentos de medición 4 HOBOS de dos canales para temperatura y humedad relativa, 4 anemómetros manuales para velocidad del aire (figura 3.1), 2 HOBOS de tres canales (velocidad del viento, temperatura y humedad relativa) y se usó también una estación DAVIS desmontable con capacidad para medir temperatura, humedad relativa y velocidad del viento. Dichos instrumentos se colocaron a una altura de 1.5 metros sobre el nivel de piso, considerada como la altura promedio de un Mexicano.

Los registros de datos se efectuaron en dos fines de semana durante los meses de marzo y abril del 2007, en el bloque de las 12:00 a las 17:00 horas, con intervalos de tiempo de 5 minutos en los HOBOS y anemómetros manuales y de 1 minuto en la estación DAVIS.



Figura 3.1: HOBO de 2 canales: T y HR y anemómetro manual

## **b. Análisis y procesamiento de los datos**

Se obtuvieron promedios cada 5 minutos y por hora de temperatura, humedad relativa y velocidad del viento de cada esquina y de cada crucero; posteriormente, se compararon promedios entre cruceros: además se realizaron las comparaciones con los datos obtenidos de los registros de las estaciones Plan Texcoco (rural) y Palacio de Minería (urbana), donde se analizaron también, los promedios de las variables anteriormente referidas incluyendo el viento máximo.

## **3.4. Túnel de Viento Abierto del Centro de Ciencias de la Atmósfera (CCA)**

### **3.4.1. Especificaciones técnicas del túnel de viento abierto del CCA.**

El túnel de viento (figura 3.2) consta de un pleno o cámara de asentamiento, cuya función principal es la disminución de la turbulencia y de las no uniformidades del flujo de viento. Está constituido por la embocadura, el enderezador tipo panal de abeja y un conjunto de mallas, las que pueden ser hasta seis e intercambiables.

La siguiente componente es la contracción, la cual conduce de la sección recta del pleno de 4.02 m a la sección recta de la zona de trabajo de 2.25 m por 1.80 m y en la parte final de 2.10 m de alto. El techo o cubierta de la zona de trabajo, puede ser regulado por estas dos alturas, lo cual permite actuar sobre el gradiente de presiones.

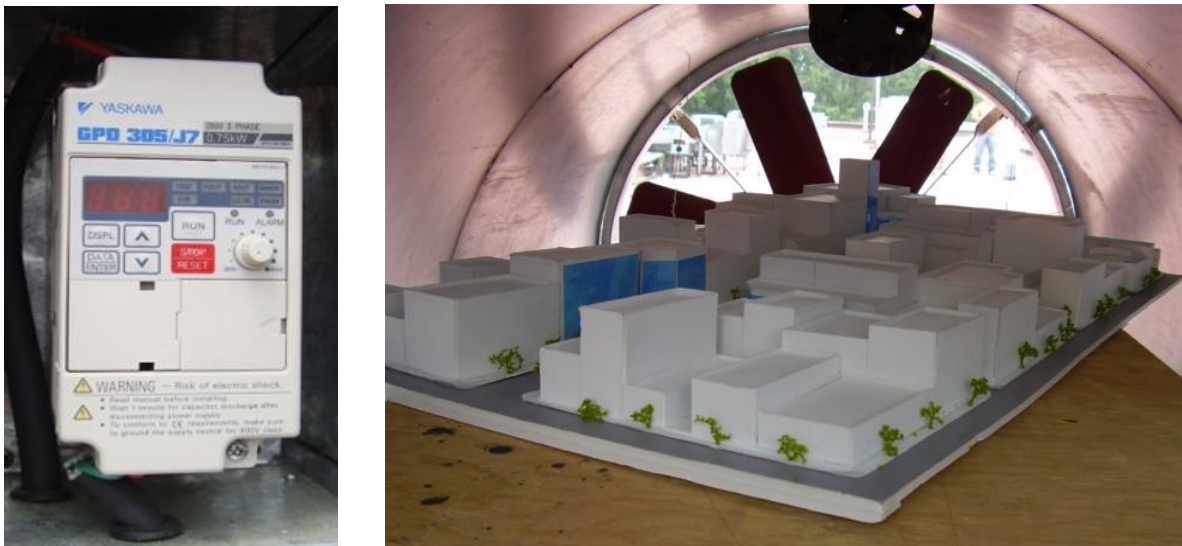
La zona de trabajo tiene una longitud de 1.20 m por 0.80 m de ancho, en el que se pueden realizar experimentos o ensayos aerodinámicos de modelos relacionados a flujos atmosféricos. Esta zona además, dispone de ventanas en éstas posiciones, a través de las cuales es posible acceder a la zona de trabajo, así como realizar visualizaciones.

Después tenemos la sección del ventilador axial de 8 palas o astas 2.5 m de diámetro y es movido por un motor eléctrico de 750 rpm nominales y 90 kw. El control de la



velocidad se realiza con la ayuda de un regulador de frecuencia, en el que se puede ajustar el ángulo de pala del rotor.

Para producir viento turbulento, se utiliza un inversor eléctrico controlado mediante un programa de cómputo, con el que se puede aumentar o disminuir la velocidad del viento.



**Figura 3.2:** Controlador de velocidad del túnel de viento y vista interior con Maqueta

del sector de estudio a esc. 1:250. Elaboró L. Monsalve.

### 3.4.2. Experimento en el túnel de viento abierto del CCA

Para la parte experimental, se utilizó el túnel de viento abierto del CCA y mediante el uso de maqueta a escala (1:750) de los cruceros 1 y 2 de estudio, se simuló el recorrido del viento en las esquinas a  $90^\circ$  y  $45^\circ$  y así, ver el comportamiento de ésta variable climatológica en cada una de las esquinas, cruceros y construcciones del entorno inmediato.

El ventilador axial de 8 astas crea una corriente continua de aire que hace inducir sobre las diferentes maquetas (cruceros y sector); la velocidad del viento se reprodujo desde

0 m/s hasta 5 m/s y para la simulación del humo, se utilizó hielo seco en agua con anilina de color violeta y así, observar las líneas de flujo del viento y determinar la formación de turbulencias.

Otro equipo utilizado fue la cámara fotográfica y la cámara de video, posteriormente de éste, se obtuvo una secuencia fotográfica de las simulaciones realizadas en cada crucero.

### **3.5. Aplicaciones del túnel de viento para estudios en Arquitectura**

En Arquitectura, los ensayos que se pueden realizar en el túnel aerodinámico están enfocados de dos formas. Por una parte encaminados al cálculo de las cargas ejercidas por el viento, y por otro, a la investigación de modelos bioclimáticos.

Debido a la ligereza de las estructuras arquitectónicas modernas, cada día se demanda más un conocimiento exhaustivo de las cargas, con lo que la medida de las cargas de viento sobre edificios y otros elementos arquitectónicos (cubiertas, vallas, esculturas, etc.) el túnel, ayudaría a determinar dichas cargas y definir de una mejor forma el diseño estructural y arquitectónico necesario.

También es importante la determinación de los efectos locales del viento sobre edificios concretos y el estudio de posibles soluciones cuando estos generen problemas, ya sean de cargas o acústicos. Los edificios que se encuentran situados en zonas ventosas pueden presentar problemas locales de cargas de viento, que pueden provocar por una parte la caída de recubrimientos, o por otro lado silbidos o corrientes excesivas, perjudiciales para la confortabilidad de las viviendas y usuarios.

Además, es fundamental la determinación de los efectos del viento en zonas abiertas, entradas de edificios, etc. y la evaluación del efecto de barreras cortavientos para resolver problemas locales; en este caso se trata de estudiar la mejor orientación de los edificios para minimizar el efecto del viento en su entrada y zonas de recreo o, en su

defecto, ayudar al diseño de barreras cortavientos, naturales o artificiales, que minimicen su efecto en áreas determinadas.

Por último y en lo que se refiere al bioclimatismo, se pueden hacer estudios y evaluaciones de sistemas de ventilación natural, siendo este un aspecto muy importante para reducir costos de mantenimiento en viviendas, por el ahorro energético que supone.

#### 4. SECTOR DE ESTUDIO

La figura 4.1 presenta una toma aérea del área de estudio, donde se observa la ubicación de los dos crucesos analizados.



**Figura 4.1:** Vista aérea de los dos crucesos de estudio: Av. 5 de Mayo con las calles Bolívar e Isabel La Católica, Centro Histórico de la Ciudad de México.

##### 4.1. Descripción Cruceo 1

El cruceo 1 (figura 4.2), está conformado por la Avenida 5 de Mayo y la calle Isabel La Católica, cuyas coordenadas son 19° 26' 03" N – 99° 08' 10" W.

La avenida 5 de Mayo, dada su cercanía a la Catedral Metropolitana de la Ciudad de México, edificios históricos y el innumerable comercio dentro del sector, es una de las calles de mayor tráfico peatonal y vehicular, con tres carriles, es de las pocas calles que

presenta arbolado dentro del Centro Histórico y amplias banquetas (3.00 m) para el flujo peatonal.

Los usos del suelo en la avenida 5 de Mayo están repartidos en comercio, oficinas, vivienda, restaurantes, bancos y hoteles; así como la altura de las edificaciones (3 a 11 pisos con altillo).



**Figura 4.2:** Crucero 1: Avenida 5 de Mayo y Calle Isabel La Católica.

La calle Isabel La Católica, con dos carriles en sentido norte, nula arborización, banquetas de 1.50 m para el tráfico peatonal; entre los usos del suelo que predominan tenemos: comercio, vivienda, edificios de oficinas, restaurantes, edificios religiosos y hoteles. Las alturas de las edificaciones se encuentran entre los 2 a 6 pisos, algunas de ellas con altillo en las azoteas de los edificios.

#### **4.1.1. Esquinas de estudio en el Crucero 1 (5 de Mayo e I. La Católica)**

De acuerdo a forma arquitectónica o perfil arquitectónico tenemos esquinas a 90° y 45° (figura 4.3), con volados tenemos una esquina a 90° y una a 45°. A cada una de las esquinas que conforman el crucero 1 se les asignó un nombre, para efectos de registro de datos puntuales, procesamiento y gráficos de las variables meteorológicas que se registraron.



Es así, como se denominaron cada una de las esquinas que conforman el cruce 1: Farmacia (esquina superior izquierda a  $45^\circ$ ), Pollos (esquina superior derecha a  $90^\circ$ ), Joyería (esquina inferior izquierda a  $45^\circ$  con volado de 1.60 m) y Zapatería (esquina inferior derecha a  $90^\circ$  con volado de 1.50 m).



**Figura 4.3:** Maqueta (esc. 1:750) Crucero 1: Av. 5 de Mayo e Isabel La Católica  
Con esquinas de estudio. L. Monsalve.

En la Tabla 4.1, se resumen las características de cada una de las esquinas del cruce 1, indicando el ángulo que lleva la construcción, dimensiones de los volados y su altura desde el nivel del piso, la altura de la construcción en cada esquina y los usos del suelo en cada una de ellas.

| NUMERO DE ESQUINA  | ANGULO EN ESQUINA                            | ALTURA Y USO DEL SUELO  | VOLADO SOBRE PEATONAL   |
|--|--|---|---|
|  <p><b>Esquina 1: Joyería</b></p>     | <p>La esquina presenta un ángulo de 45°.</p> | <p>5 pisos de altura. En planta baja comercio y en pisos superiores oficinas y vivienda.</p>  | <p>Volado de 1.60 m y espesor 20cm plano en concreto a 45° y altura del piso de 3.10 m.</p>   |
|  <p><b>Esquina 2: Farmacia</b></p>    | <p>La esquina presenta un ángulo de 45°.</p> | <p>3 pisos de altura. En planta baja comercio y en pisos superiores oficinas.</p>             | <p>Presenta volado de 30 cm (pasamanos de las ventanas).</p>                                  |
|  <p><b>Esquina 3: Zapatería</b></p> | <p>La esquina presenta un ángulo de 90°.</p> | <p>7 pisos de altura. En planta baja comercio y en pisos superiores oficinas.</p>             | <p>Volado abovedado de 1.50 m y de 15 cm espesor a una altura del piso de 3.10 m.</p>         |
|  <p><b>Esquina 4: Pollos</b></p>    | <p>La esquina presenta un ángulo de 90°.</p> | <p>3 pisos de altura con altillo. En planta baja comercio y en pisos superiores oficinas.</p> | <p>Presenta volados graduables de hasta de 1.80, altura del piso y ángulo de inclinación.</p> |

**Tabla 4.1:** Resumen: descripción arquitectónica de las esquinas de estudio del Crucero 1:

Joyería, Farmacia, Zapatería y Pollos. L. Monsalve, 2008.

## 4.2. Descripción Crucero 2

Avenida 5 de Mayo y la calle Simón Bolívar, con coordenadas  $19^{\circ} 26' 04''$  N –  $99^{\circ} 08' 17''$  W más conocida como calle Bolívar, en sentido sur, con dos carriles, vegetación inexistente, las peatonales o banquetas de 1.20 m de ancho; los usos del suelo están distribuidos en vivienda (edificaciones nuevas), restaurantes, museos, bancos, comercio y oficinas.

Las alturas de las construcciones están entre los 2 pisos de altura y los 11 pisos de altura con altillo en el último piso y terrazas semi-cubiertas en algunos de los edificios (figura 4.4).



Figura 4.4: Crucero 2: Calle Bolívar y Avenida 5 de Mayo.

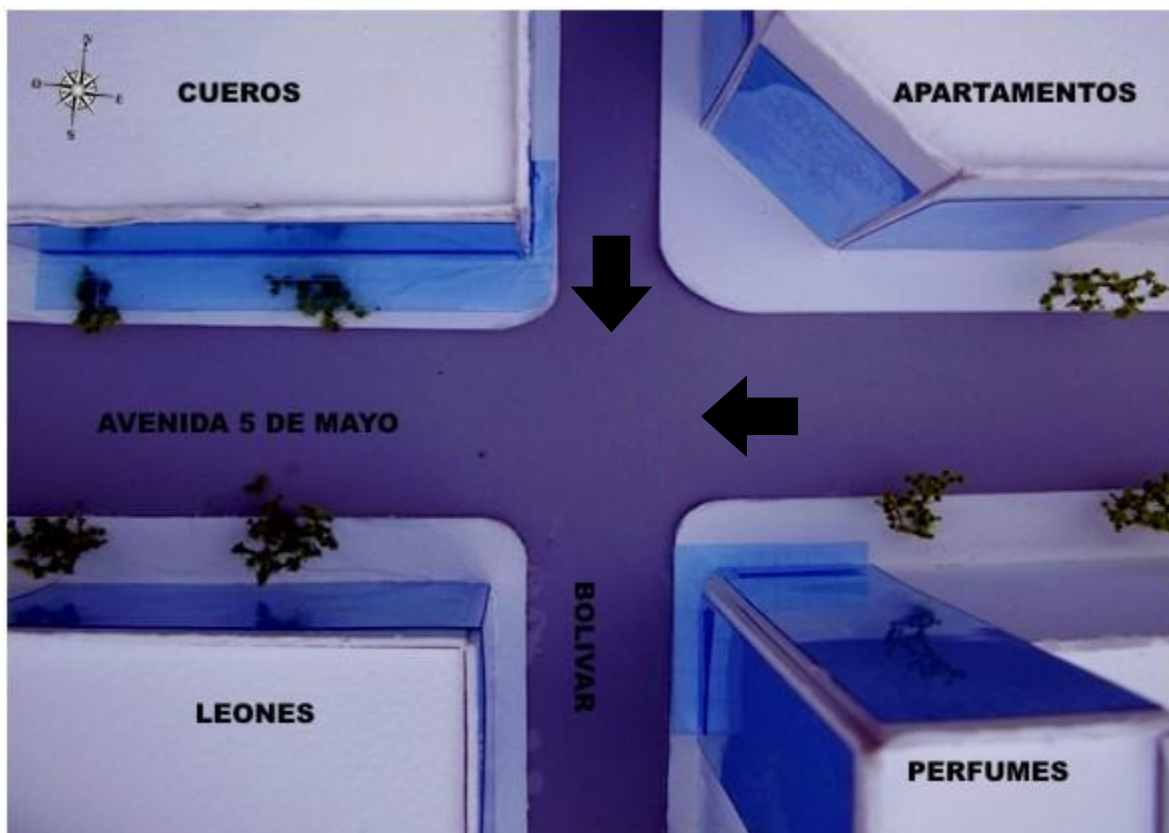
### 4.2.1. Esquinas de Estudio en el Crucero 2

De acuerdo a forma arquitectónica que presentan las esquinas en el crucero 2, encontramos tres esquinas a  $90^{\circ}$  y una a  $45^{\circ}$ , con volados tenemos una esquina a  $90^{\circ}$  y una a  $45^{\circ}$  (figura 4.5).

Los nombres asignados a cada una de las esquinas que conforman el crucero 2 son: Cueros (esquina superior izquierda a  $90^{\circ}$  con volado de 3.50 m), Apartamentos (esquina



superior derecha a 45°), Leones (esquina inferior izquierda a 90°) y Perfumes (esquina inferior derecha a 90° con volado de 1.00 m).



**Figura 4.5:** Maqueta esc. 1:750. Crucero 2: Calle Bolívar y Avenida 5 de Mayo  
Con esquinas de estudio. L. Monsalve.

En la Tabla 4.2, se puede observar una descripción a modo de resumen de cada una de las esquinas del crucero 1, indicando el ángulo que lleva la construcción, dimensiones de los volados y altura desde el nivel del piso, altura de la construcción en cada esquina y los usos del suelo en cada una de ellas.

| NUMERO DE ESQUINA   | ANGULO EN ESQUINA                            | ALTURA Y USO DEL SUELO  | VOLADO   |
|---|--|---|--|
|  <p><b>Esquina 5: Cueros</b></p>         | <p>La esquina presenta un ángulo de 90°.</p> | <p>4 pisos de altura. En planta baja comercio y en pisos superiores oficinas.</p>                 | <p>Volado en lona con estructura de hierro de 3.50m a una altura del piso de 3.45m.</p>      |
|  <p><b>Esquina 6: Leones</b></p>        | <p>La esquina presenta un ángulo de 90°.</p> | <p>5 pisos de altura. Oficinas en todos los pisos: institucional.</p>                             | <p>No presenta volado.</p>   |
|  <p><b>Esquina 7: Perfumes</b></p>     | <p>La esquina presenta un ángulo de 90°.</p> | <p>11 pisos de altura con altillo. En planta baja comercio y en pisos superiores vivienda.</p>    | <p>Volado plano en concreto de 1.00m y espesor de 20cm, a una altura del piso de 3.00 m.</p> |
|  <p><b>Esquina 8: Apartamentos</b></p> | <p>La esquina presenta un ángulo de 45°.</p> | <p>7 pisos de altura con altillo. En planta baja lobby acceso a vivienda en pisos superiores.</p> | <p>No presenta volado.</p>   |

**Tabla 4.2:** Resumen: descripción arquitectónica de las esquinas de estudio del Crucero 1:

Cueros, Leones, Perfumes y Apartamentos. L. Monsalve, 2008.

### 4.3. Materiales y vegetación existentes en el sector

Entre los materiales más representativos en las fachadas de los edificios de los dos cruces tenemos: mármol negro, mármol rosa, mármol verde, cantera, piedras de color de diferentes dimensiones y gravilla para texturas; en los pisos de las vehiculares adoquín en arena cemento pulido natural (15 cm x 15 cm); los pisos en las banquetas son muy similares a las vehiculares de dimensiones mayores (20 cm x 40 cm) o en cemento rústico de 25 cm x 25 cm.

La porción correspondiente a la vegetación, se localiza sobre la Avenida 5 de Mayo, son árboles de aproximadamente 6 m o 7 m de altura, en los que aumenta o disminuye el follaje de acuerdo a la estación del año, la distancia entre uno y otro varía (5 m o 6 m) y en algunas partes de la avenida son inexistentes.

En la figura 4.6 podemos apreciar la vegetación durante el mes de abril (campaña de mediciones puntuales) y en el mes de noviembre del 2007.



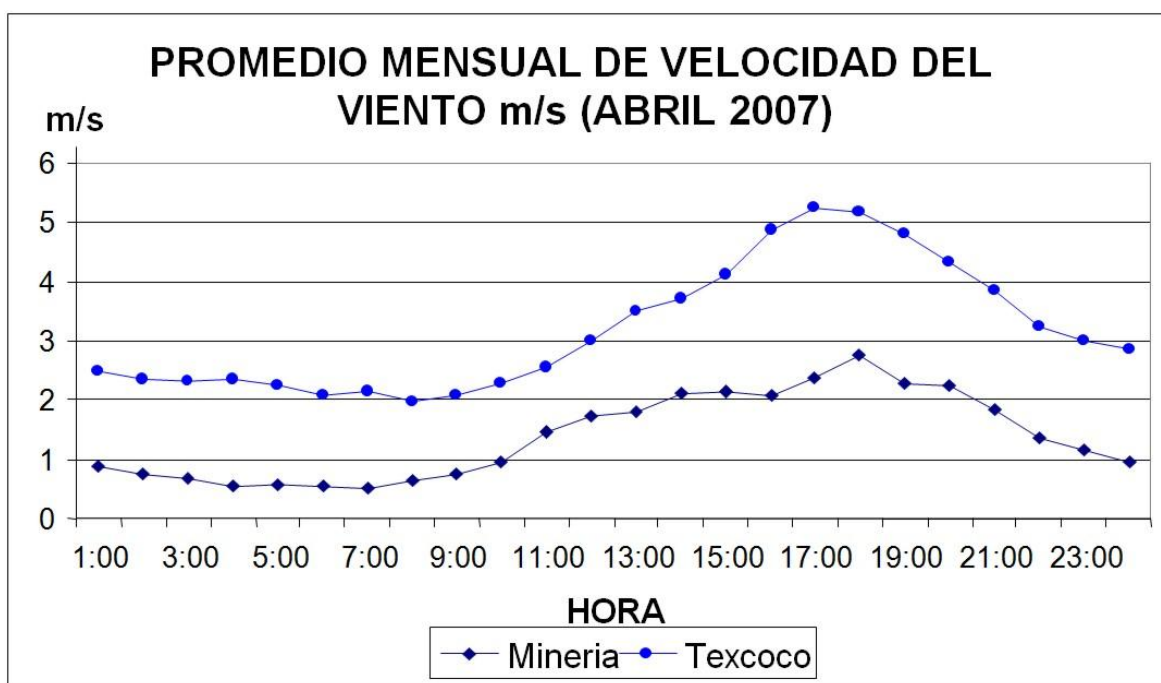
**Figura 4.6:** Vegetación existente en Avenida 5 de Mayo: durante los meses de Abril y Noviembre del 2007.

## 5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

### 5.1. Análisis comparativo entre las Estaciones Meteorológicas

Se realizó la comparación de datos meteorológicos de velocidad del viento, temperatura y humedad relativa entre las estaciones Plan Texcoco y Palacio de Minería (estación rural y estación urbana), para el mes de abril de 2007. A continuación se detalla el análisis para cada uno.

#### 5.1.1. Velocidad del Viento



**Figura 5.1:** Promedio mensual de velocidad del viento para Plan Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana) en el mes de Abril 2007, L. Monsalve.

La figura 5.1 ilustra los datos de velocidad promedio mensual del viento en una estación urbana y una rural (Minería y Texcoco). Podemos observar que en Minería antes de las 10 horas los registros horarios de velocidad del viento son inferiores a 1 m/s, después de las 10 horas la velocidad del viento aumenta y alcanza su máximo valor de 2.8 m/s a las 18 horas y los valores decrecen gradualmente alcanzando su valor mínimo de 0.5 m/s entre las 6 y 7 horas. Texcoco alcanza su valor máximo de 5.3 m/s a las 17 horas y

su valor mínimo alcanzado de 2 m/s a las 8 horas; el viento promedio para el restante de horas nos presenta valores superiores a los 2 m/s.

El viento promedio alcanzado en la estación urbana es de 1.4 m/s y para la estación rural de 3.2 m/s; se encuentra una marcada diferencia de 1.8 m/s, lo cual indica mayor velocidad del viento en Texcoco. En Minería, la velocidad del viento es obstruida por la construcción masiva, la cual obstruye el paso del viento entre los edificios y la vegetación existente.

En éste período predominan los vientos secos del oeste en la ciudad, los cuales levantan nubes de polvo tanto en la cuenca como en las montañas del sur, donde los bosques están siendo sustituidos por la urbanización.

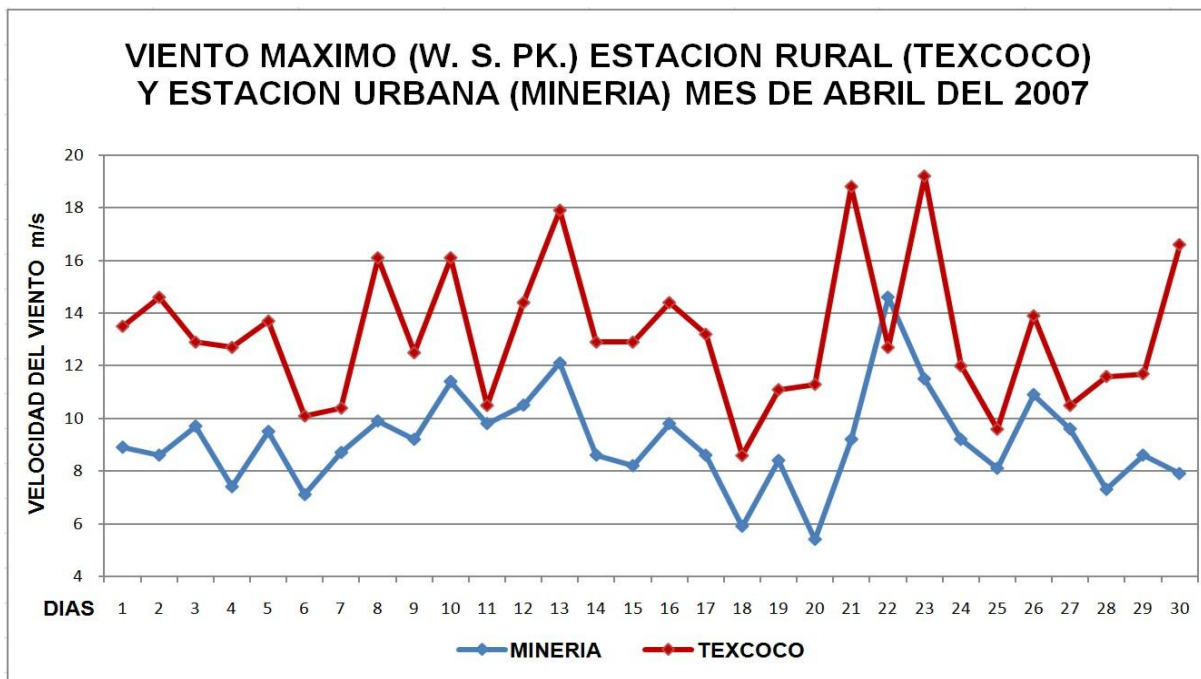
Las velocidades del viento son generalmente más bajas en áreas construidas que en el campo que las rodea (Jáuregui, 1984). Sin embargo, para vientos ligeros, se ha observado que las velocidades del viento aumentan en zonas urbanas donde el enfriamiento rural nocturno induce la formación de una inversión de superficie (Jáuregui, 1984).

#### **5.1.1.1. Viento máximo Texcoco y Minería**

La figura 5.2., muestra el viento máximo cada cinco minutos en metros sobre segundo (m/s) para el mes de abril de 2007 (época de secas), pudiéndose observar las variaciones, en ocasiones muy grandes que sufre el viento a lo largo de éste mes en dos estaciones meteorológicas ubicadas en diferentes sectores de la Ciudad de México: Plan Texcoco (estación rural) y Palacio de Minería (estación urbana).

Se puede observar el máximo de intensidad a las 17 horas (Ver tabla 7.2 de anexos) con 19.2 m/s (23 de abril de 2007) en la estación Plan Texcoco, ubicada totalmente fuera de la ciudad y por lo tanto de su influencia sobre el comportamiento de la circulación del viento en ésta estación.





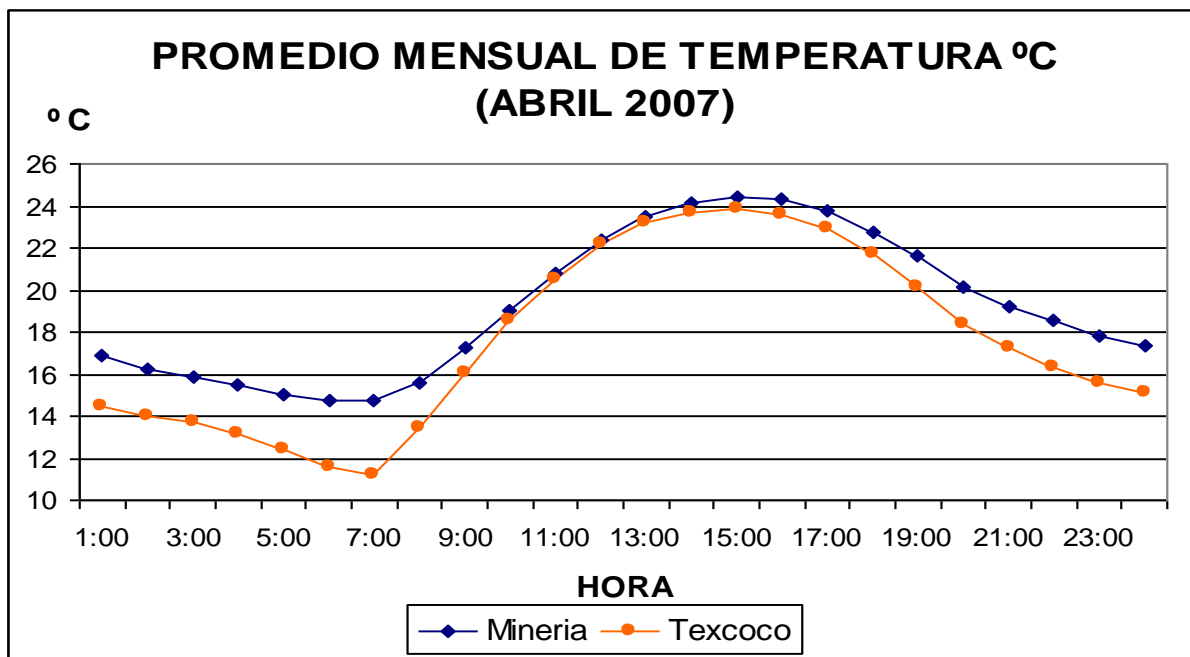
**Figura 5.2:** Viento máximo para Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana),  
Abril de 2007, L. Monsalve.

El valor máximo registrado en la estación del Palacio de Minería a las 16.00 horas con 14.6 m/s (22 de abril de 2007), ubicada en el Centro Histórico de la Ciudad de México, en medio de gran cantidad de edificios y ligada a la presencia de aire tibio o isla de calor. Los valores mínimos son de 5.4 m/s y 8.6 m/s para Minería y Texcoco respectivamente.

Al comparar los valores máximos y mínimos en las dos estaciones, observamos una marcada diferencia 4.6 m/s y de 3.2 m/s (diferencia valor máximo y mínimo) en la estación de Texcoco con respecto a la estación de Minería, los valores mínimos se registraron a las 22:00 horas en Minería y a las 12:00 en Texcoco y el máximo a las 16:00 y 17:00 horas (Minería y Texcoco); por lo tanto, la ventilación de la ciudad durante el día es menor que en los suburbios, debido al impacto del viento sobre los obstáculos que ofrecen las construcciones (Jáuregui, 1984).

Adicionalmente, el viento afecta varios aspectos del comportamiento urbano y edilicio, tal como las pérdidas de calor de los edificios y el confort y la habitabilidad de los espacios exteriores públicos y privados).

### 5.1.2. Temperatura



**Figura 5.3:** Promedio mensual de la temperatura para Plan Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana) en el mes de Abril 2007. L. Monsalve.

La figura 5.3., muestra el promedio mensual por hora de temperatura (T) para el mes de abril de 2007 (época de secas), en las estaciones meteorológicas Plan Texcoco (rural) y Palacio de Minería (urbana) con promedios mensuales de 19.2°C y 17.6°C respectivamente, lo cual nos muestra una diferencia de 1.6°C en Minería.

La ciudad adquiere una mayor temperatura que las áreas rurales vecinas debido a la mayor capacidad térmica y conductiva de los materiales con que está construida, lo cual permite más absorción de calor. La existencia de éstos materiales de mayor densidad, el calor antropogénico, el factor de absorción del cielo (por tantos y tan elevadas edificaciones), y la contaminación, impiden que el calor se pierda con

facilidad, ocasionando un gran contraste térmico entre la ciudad y el campo, siendo este contraste más acentuado entre más grande sea la ciudad y la falta de vegetación en ella. Este fenómeno recibe el nombre de “Isla de Calor”, producto de la mancha urbana, que por efecto de su mayor temperatura ocasiona una circulación del viento en forma centrípeta, de las afueras de la ciudad hacia el centro que es todavía más caliente (aproximadamente 10 °C de diferencia), desalentando la dispersión de los contaminantes (E. Luyando, 1991).

Los valores mínimos promedios de temperatura mensual fueron 14.7°C y 11.3°C para Minería y Texcoco y de las 8 a las 15 horas, la temperatura promedio mensual alcanza su valor máximo de 24.4°C y de 23.8°C para Minería y Texcoco, encontrando una diferencia de valores máximos promedio de hasta 0.6°C.

Reiteradamente, vemos la influencia de la ciudad en el comportamiento de la temperatura promedio mensual para el mes de abril.

La urbanización altera marcadamente la superficie del suelo generándose así, un nuevo microclima; el ejemplo más típico conocido es la “*Isla de Calor*” que resulta principalmente de la urbanización. Este fenómeno se ha extendido en superficie sobre la ciudad abarcando en el pasado reciente tanto una mayor extensión urbana como una más alta intensidad (Jáuregui et al, 2008).

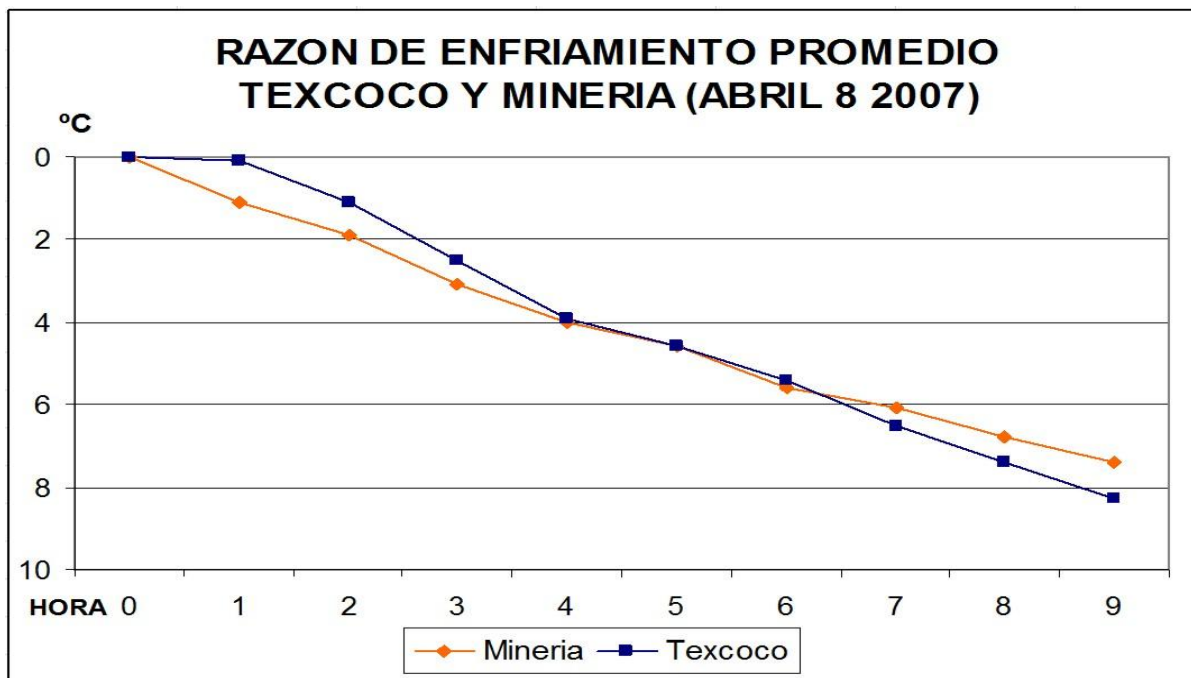
La capacidad térmica de almacenamiento y energía de los materiales de construcción, su reflectividad, la presencia de arteria viales y el calor que emiten los vehículos motores a su paso, influyen de manera significativa en el aumento de la temperatura dentro del área urbana.

Para (Oke, 1988), los efectos del clima urbano se originan por diferencias de los intercambios de calor, masa y momento entre la ciudad y el paisaje natural.



### 5.1.2.1. Razón de Enfriamiento

La figura 5.4, corresponde a la razón de enfriamiento promedio para el día 8 de abril de 2007 en Plan Texcoco (estación rural) y Palacio de Minería (estación urbana) en la época de secas.



**Figura 5.4:** Razón de enfriamiento: promedio diario para Plan Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana), para el día 8 de Abril 2007. L. Monsalve.

La razón de enfriamiento nos muestra el comportamiento de la temperatura de determinado sitio durante el día y la noche. Se puede observar como desciende ésta durante determinadas horas del día y durante la noche, el enfriamiento se torna mucho menor.

Se observa, que el descenso de la temperatura en Minería presenta un proceso retardado de enfriamiento, lo que obedece al proceso de urbanización en el sector en el que se encuentra ubicada la estación Minería (Centro Histórico de la Ciudad de México); y en Texcoco tenemos un área libre de urbanización; durante el día tenemos alta insolación con cielos despejados que elevan las temperaturas (en abril o mayo).

Circundantes al Palacio de Minería, la configuración de los cañones urbanos, ayudan y promueven el enfriamiento nocturno, entre más profundo es el cañón, más lentamente pierde el calor recibido durante el día, observando diferentes capacidades térmicas entre las superficies de la ciudad y las superficies del campo.

La capacidad térmica de los materiales (la reflectividad, absorptividad y transmisividad) en materiales de cubiertas, muros exteriores, vehiculares, peatonales, etc., son excelentes almacenes de calor, tienen una mayor incidencia en la ganancia o pérdida de calor hacia el interior y exterior del edificio, además en el enfriamiento nocturno del mismo.

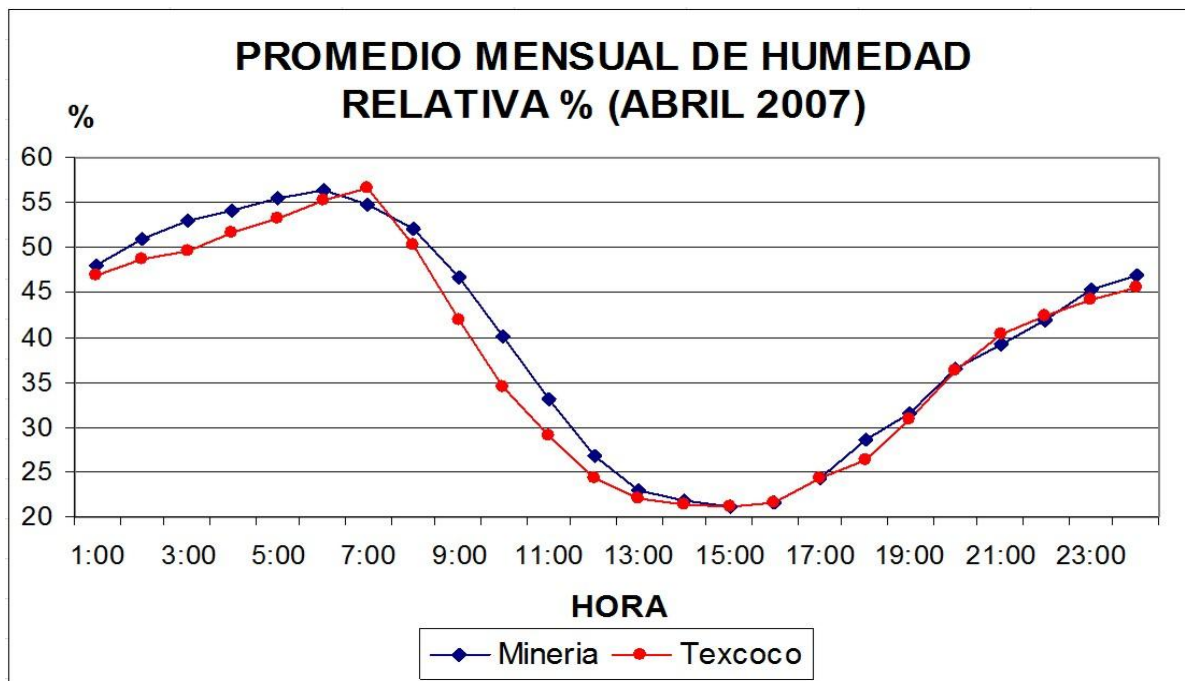
Las superficies exteriores pulidas o pintadas en colores claros, reflejan gran parte de la radiación solar incidente y por lo tanto, reducen la cantidad de energía absorbida; el color negro, tiene gran capacidad de absorción de calor y su emisividad es retardada.

### **5.1.3. Humedad Relativa**

La figura 5.5, ilustra la humedad relativa en abril (mes de secas y temporada de calor), es alta en las primeras horas de la mañana (1 a 7 horas) entre un 47% a 55% para Minería y entre un 48% a 57% en Texcoco, obteniendo una diferencia mínima entre las dos estaciones.

La atmósfera de la ciudad se torna seca, particularmente hacia las horas del medio día; entre las 7 horas y hasta las 15 horas, la humedad relativa disminuye, con valores entre 55% y 21%, y entre 48% y 21% para Minería y Texcoco, ocasionando resequedad en la piel y en las fosas nasales.

También en este ambiente, es común que el aire se cargue de electricidad estática y se produzcan descargas de nuestro cuerpo a los objetos que tocamos, produciendo una sensación desagradable.



**Figura 5.5:** Promedio mensual de humedad relativa para Plan Texcoco (estación rural) y Minería (estación urbana) en el mes de Abril 2007. L. Monsalve.

Entre las 14 y 7 horas, la humedad relativa asciende gradualmente, tenemos para Minería entre el 22% a 55%, y para Texcoco entre el 22% a 57% (Ver tabla 7.1 de anexos); se genera una diferencia poco significativa entre ciudad-campo durante esta época de calor o secas, siendo estos valores tolerantes.

La vegetación, juega un papel de suma importancia en la humedad relativa, es así, como en el mes de abril en los alrededores de la estación de Minería, tenemos la vegetación existente de color verde, bastante densa y frondosa; y hacia el mes de noviembre, empieza a desaparecer.

La relación humedad relativa y la vegetación son de vital jerarquía, refrescan las áreas conjuntas al incrementar la evapotranspiración, reducen el calor dentro de las edificaciones inmediatas a éstos, minimizan el uso de aire acondicionado y disminuyen, las emisiones de contaminantes de autos a lo largo de camellones y banquetas.

Durante la estación seca (excepto por el mes de marzo) son más altas las humedades relativas en los suburbios (aeropuerto) que en el centro de la ciudad en la hora de la máxima intensidad de la isla de calor y muy similares durante los meses de lluvia para ambos lugares, dada la relación inversa entre la humedad relativa y la temperatura del aire urbano (Jáuregui, 1984).

## **5.2. Rosas de Viento**

### **5.2.1. Palacio de Minería vs Estación Davis**

En el Centro Histórico de la Ciudad de México, los vientos son usualmente débiles (de 1 a 3 m/s o de 4 a 11km/h), las direcciones predominantes son este (E), noreste (NE) y norte (N) y con menos frecuencia del sur (S), suroeste (SW) y oeste (W). Para los meses de secas, los vientos pueden soplar tanto del este como del norte, sur, noreste y noroeste; mientras en los meses de lluvias predominan los vientos del norte y noreste en el ámbito de la ciudad (Jáuregui, 2000).

A continuación se evalúan las rosas de viento para los días 1, 7 y 8 del mes de abril del 2007 (temporada de secas) de la Estación Climatológica del Palacio de Minería y de la Estación Davis durante los días de mediciones puntuales en el sitio de estudio (cruceros 1 y 2).

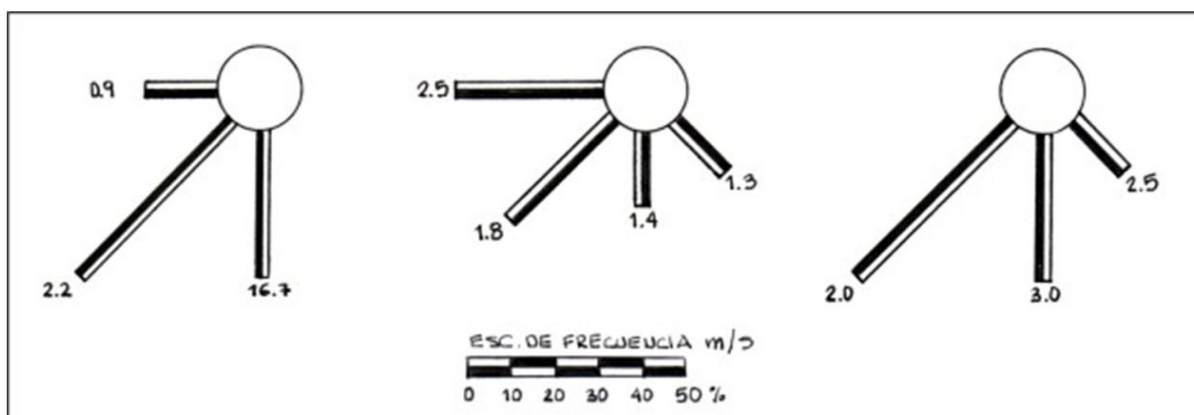
#### **5.2.1.1. Rosas de viento: Palacio de Minería**

De acuerdo a los datos registrados de dirección y velocidad del viento durante los días de mediciones en la estación climatológica del Palacio de Minería, el viento dominante con el 50% de la frecuencia total es proveniente del SW para el 1 de abril, los vientos del S con el 33.3% de la frecuencia y W con el 16.7% de la frecuencia.

Para el 7 de abril, el viento dominante con el 33.3% de la frecuencia total es proveniente del SW y W, seguido de los vientos S y SW con el 16.7% de la frecuencia total.

Por último, para el día 8 de abril el viento dominante con el 50% de la frecuencia total es proveniente del SW, seguida por la dirección S y SE con frecuencia total de 33.3% y 16.7% respectivamente.

El viento máximo registrado por día fue de 3.2 m/s SW, 2.9 m/s W y 3.3 m/s S y el viento mínimo registrado fue 1.7 m/s SW, 1.3 m/s SE y 1.3 m/s SW para los días 1, 7 y 8 de abril respectivamente.

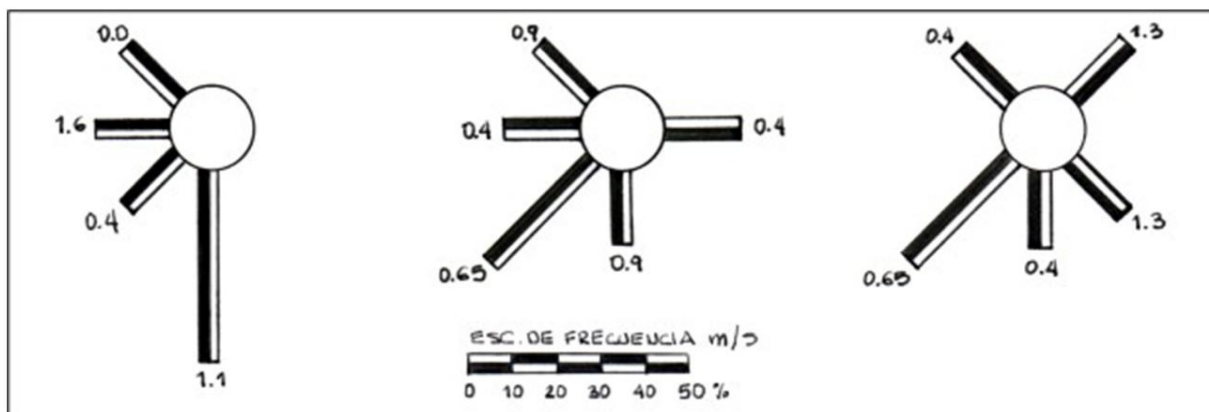


**Figura 5.6:** Rosas de viento superficiales para los días 1, 7 y 8 de abril del 2007, Estación Climatológica del Palacio de Minería; 12 a 17 horas. Dibujó: L. Monsalve.

### 5.2.1.2. Rosas de viento: Estación Davis

Para la estación Davis durante los mismos días de mediciones el viento dominante con 33.3% de la frecuencia total proveniente del S y W, siguiendo en importancia los vientos del SW y NW con el 16.7% de la frecuencia total el 1 de abril.

Para el 7 de abril el viento dominante con 33.3% de la frecuencia total proveniente del SW, siguiendo en importancia los vientos E, S, W y NW con el 16.7% de la frecuencia total; finalmente, para el 8 de abril el viento dominante con 33.3% de la frecuencia total proveniente del SW, seguido por la dirección de los vientos NE, SE, S y NW con el 16.7% de la frecuencia total.



**Figura 5.7:** Rosas de viento superficiales para los días 1, 7 y 8 de abril del 2007

E. Davis en el Crucero 1 (Av. 5 de Mayo e Isabel La Católica); 12 a 17 horas. Dibujó: L. Monsalve.

El viento máximo registrado en la estación Davis por día fue de 1.8 m/s W, 0.9 m/s SW y 1.3 m/s SE y el viento mínimo registrado fue de 0.4 m/s SW, 0.4 m/s W y 0.4 m/s S para los días 1, 7 y 8 de abril del 2007.

Se encontró gran semejanza en los datos registrados de la velocidad y la dirección del viento predominantes en la estación de Minería y en la estación Davis ubicada en el sitio de estudio-crucero 1 (Av. 5 de Mayo e I. La Católica). Durante el período de registro de datos en las dos estaciones, las direcciones predominantes del viento son W, SW, S y SE, los vientos provenientes del N son nulos.

### 5.3. Análisis gráficos Cruceros

Los datos meteorológicos de temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento fueron obtenidos *in situ*, como se detalló en el capítulo correspondiente a la metodología.

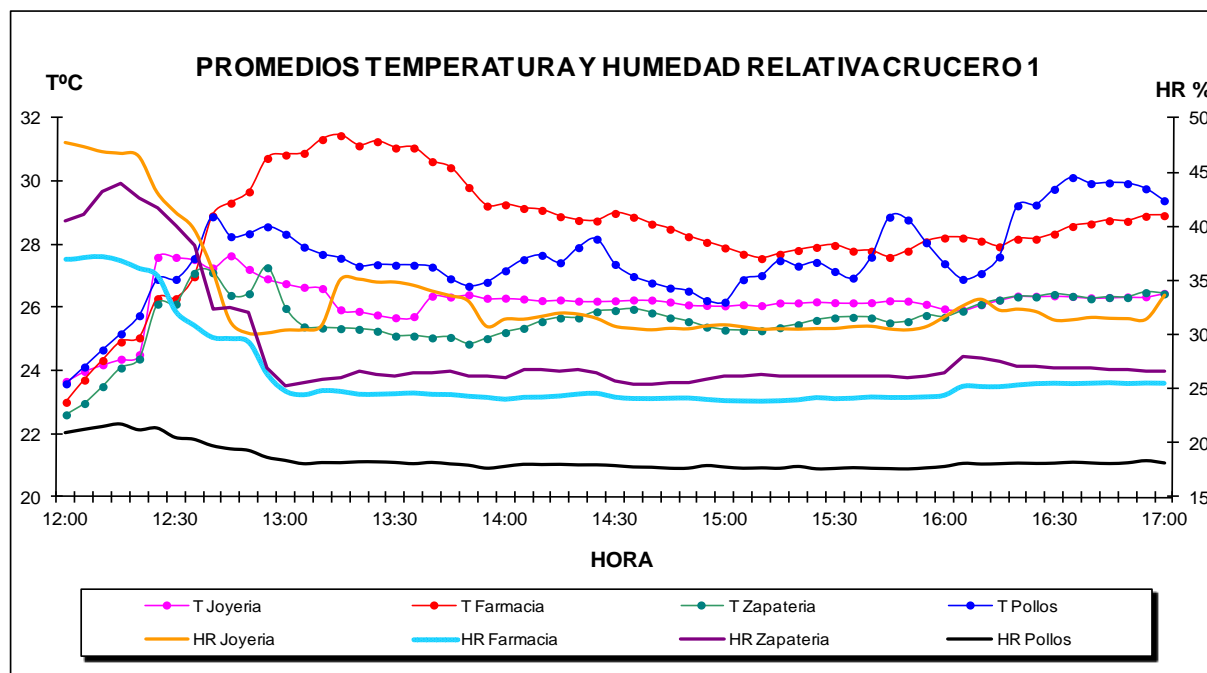
#### 5.3.1. Crucero 1

##### 5.3.1.1. Temperatura y Humedad Relativa

Los datos de temperatura promedio cada 5 minutos para los días de mediciones puntuales en el crucero 1, nos muestran que la esquina Farmacia presentó el valor de

Tmax de 31.5 °C (13:15 horas), y la esquina Zapatería, el valor de Tmin de 22.6 °C (12:00 horas) como se observa en la figura 5.8.

La forma arquitectónica de la esquina **Farmacia** es a 45°, 3 pisos de construcción, localizada al oeste, recibe el sol desde el naciente y gran parte de la tarde; no tiene mucha influencia de sus edificios contiguos, ya que son relativamente bajos, el más alto se encuentra en la esquina diagonal a éste (esquina de Zapatería 7 pisos de altura). La temperatura promedio en ésta esquina es de 29 °C y es el valor máximo registrado en el crucero 1.



**Figura 5.8:** Promedio cada 5 minutos de temperatura y humedad relativa  
Crucero 1, para 1, 7 y 8 del 2007. L. Monsalve.

La esquina **Zapatería** con forma arquitectónica a 90°, 7 pisos de edificación, con volado abovedado de 15 cm de espesor en concreto aligerado de 1.50 m y a una altura del nivel de piso de 3.10 m, localizada al sur y sus construcciones contiguas son de 7 y más pisos de altura.

Los rayos del sol no dan en forma directa sobre ésta esquina dada su ubicación dentro del crucero, la sombra que ejercen las edificaciones adyacentes, el volado y el arbolado también ejercen influencia en ésta esquina; la temperatura promedio registrada fue de 26°C.

En las esquinas **Joyería** y **Pollos**, la temperatura promedio registrada fue de 26°C y 28°C respectivamente; si tenemos en cuenta el rango de confort para exteriores de V. Olgay (1998), Joyería está dentro del rango de confort y Pollos, sobrepasa el límite establecido hasta con 2°C de diferencia.

Si nos trasladamos al sitio de mediciones puntuales en el Centro Histórico de la Ciudad de México y muy particularmente al crucero 1; al caminar por la esquina Pollos se puede percibir una sensación de incomodidad y disconfort al transeúnte; ocurriendo lo opuesto en la esquina Joyería, la percepción a la piel del individuo es más agradable y se da una gran sensación de confort al peatón.

En cuanto a la humedad relativa HR, los datos demuestran que la esquina Joyería presentó el máximo valor de 48% (12:00 horas), y el mínimo valor de 18 % (13:50 horas) correspondió a la esquina Pollos.

La esquina **Joyería** con forma arquitectónica a 45°, 5 pisos de construcción, localizada al oeste, con voladizo de 1.60m, en concreto aligerado con espesor de 20cm y a una altura del nivel de piso de 3.10m. Los promedios 37 % de HR y 26 ° C de T, ubican esta esquina dentro del rango de confort requerido para exteriores.

**Pollos** con forma arquitectónica a 90°, 3 pisos de construcción con altillo, con orientación norte, presentó promedios de 18 % de HR y 28 °C de T. Es la menos ventilada por el recorrido del viento dominante dentro del crucero 1, según lo observado en el túnel de viento, éste viene en dirección NW y sigue su recorrido directo a la

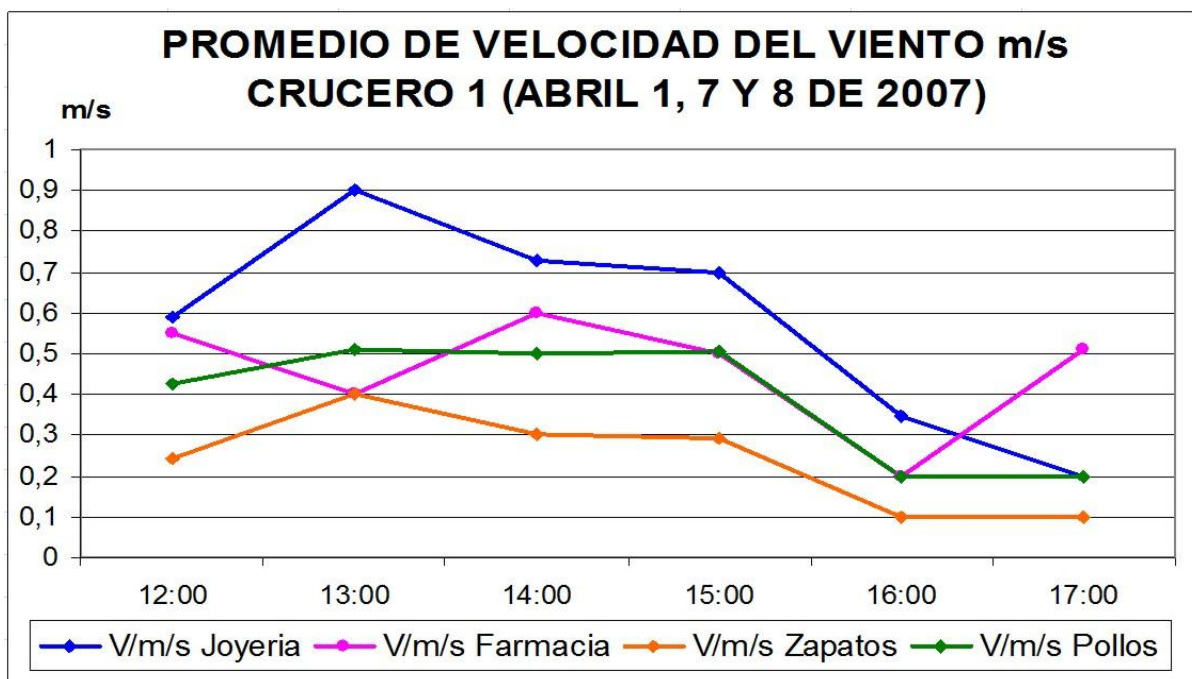


esquina de Farmacia, que por su forma a 45° lo hace recircular en la misma y de ahí, lo dispersa por la calle Isabel La Católica en sentido norte.

Para las esquinas **Farmacia** y **Zapatería**, la HR promedio registrada fue de 26 % y 29 % respectivamente; teniendo en cuenta el rango de confort para exteriores de V. Olgyay (1998), las dos esquinas están fuera del rango de confort; si tenemos en cuenta el promedio de las esquinas restantes; en la esquina Pollos se obtuvo una diferencia de hasta 12 %, muy por debajo del límite establecido.

### 5.3.1.2. Velocidad Viento (promedio por hora)

La figura 5.9, nos muestra la velocidad promedio del viento por hora en el cruce 1 para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007 (mediciones puntuales en las esquinas de los cruces de estudio), en el bloque de las 12 a 17 horas, durante la época de secas.



**Figura 5.9:** Promedio por hora de la velocidad del viento en m/s en el Cruceo 1, para los días 1, 7 y 8 de Abril del 2007. L. Monsalve.

La esquina Joyería presentó el mayor promedio por hora de 0.6 m/s en el crucero 1, seguida de las esquinas Farmacia con 0.5, Pollos con 0.4 m/s, y el promedio mínimo se registró en la esquina Zapatos con 0.2 m/s.

Al comparar el registro máximo y mínimo de velocidad del viento promedio, encontramos una diferencia de hasta 0.4 m/s (esquinas Joyería y Zapatos), y así, se puede establecer que el flujo de viento, crea una estrecha relación en el aumento de la temperatura y la disminución de la humedad relativa, junto con la forma de las esquinas, influyen en el rango de confort para espacios exteriores y por consiguiente, para el ser humano.

En las esquinas de **Joyería** y **Farmacia** se registraron los valores máximos de velocidad del viento, 0.6 m/s y 0.5 m/s respectivamente; éstas esquinas presentan forma diagonal o perfil arquitectónico a 45°, lo cual permite que el viento llegue de forma más directa sobre la esquina, recircule en las paredes de la misma y luego se disperse buscando salidas, que en éste caso son las vehiculares que forman el crucero 1.

La esquina **Farmacia**, tiene un volado de 1.60 m de ancho y a una altura del nivel 0.0 m o de piso de 3.10 m; éste particular elemento arquitectónico en la fachada, logra que el viento se encajone o encierre entre la fachada, el piso y el volado, haciéndolo más intenso y así, cuando el flujo de viento pega sobre la cara frontal (barlovento) del edificio (esquina a 45°), se crea una zona de alta presión, el viento rodea parte del edificio, incrementa su velocidad y crea zonas de relativa baja presión en las caras laterales del edificio (sotavento).

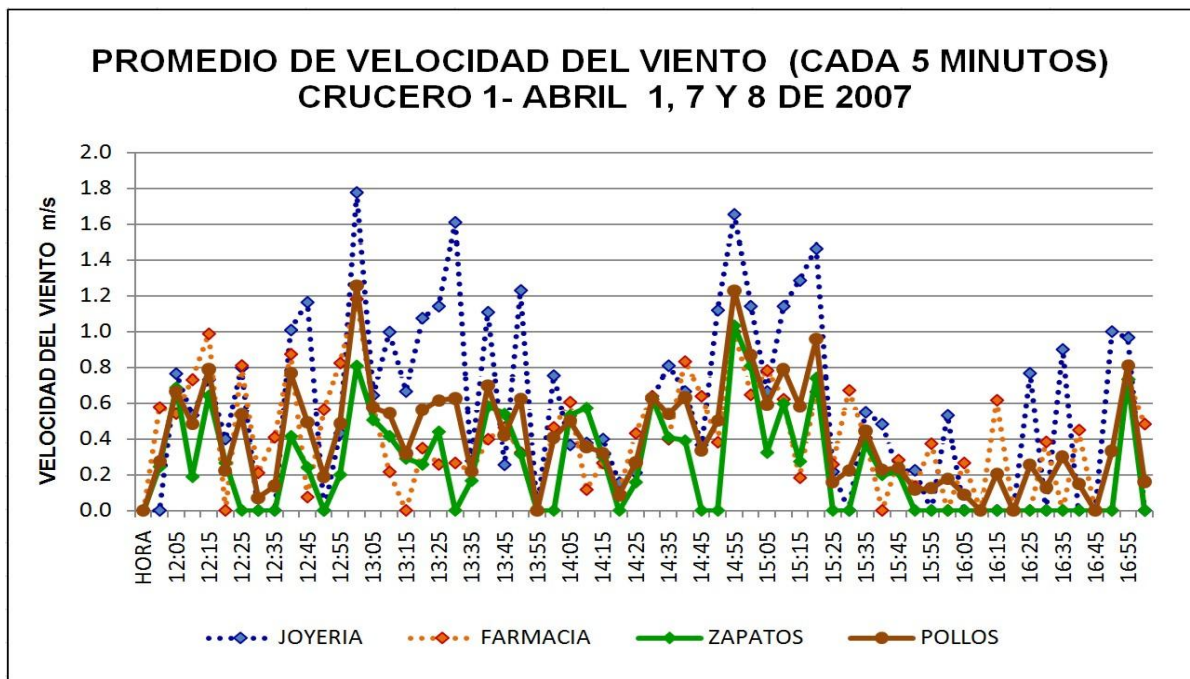
Según estudios realizados por B. Givoni en 1998, si el viento incide en las esquinas a 45°, aumenta la velocidad media del aire en el interior de la edificación, esto se puede explicar, si se sabe que cuando el edificio se encuentra a 45° se crea una mayor velocidad a lo largo de las fachadas a barlovento; por consiguiente, la sombra del viento

es más ancha, la presión negativa (efecto de succión) aumenta y el flujo del aire exterior se incrementa.

Las esquinas con perfiles arquitectónicos a 90° o que forman ángulo recto, obtuvieron los menores registros de velocidad promedio del viento por hora (Pollos 0.4 m/s y Zapatería 0.2 m/s); en estas esquinas se genera la máxima presión del viento a barlovento cuando la fachada es “normal” (perpendicular) a la dirección del viento, la sombra del viento es menos ancha y por consiguiente, el flujo de viento es menos intenso.

### 5.3.1.2.1. Viento promedio Crucero 1 (mediciones cada 5 minutos)

La gráfica 5.10., muestra el comportamiento del viento cada 5 minutos en el crucero 1, pudiéndose apreciar de manera más clara los máximos valores entre las 12:40 y 15:20 horas, la velocidad desciende hasta las 15:45 y va en aumento gradual con la llegada de la tarde.



**Figura 5.10:** Velocidad del viento en m/s cada 5 minutos en el Crucero 1, para los días 1, 7 y 8 de Abril del 2007. L. Monsalve.

Se puede observar, que los valores máximos corresponden a la esquina **Joyería** (esquina a 45° y con volado de 1.60 m) y los mínimos a la esquina de **Zapatos** (esquina a 90° y con volado de 1.50).

Este comportamiento del viento en la esquina Joyería (valores máximos) obedecen a la forma de 45° y su volado de 1.60 m, por la que el viento logra abrazar la esquina en su totalidad. La esquina de Zapatos, aunque con volado y forma a 90° encajona el viento, pero lo encamina de manera directa a la esquina Joyería, los promedios de velocidad del viento son de 0.6 m/s y 0.3 m/s para Joyería y Zapatos respectivamente.

La esquina **Pollos** con forma a 90° presenta unos volados movibles, los cuales pueden aumentar la altura desde el nivel de piso, el ángulo de inclinación y la extensión del volado y la esquina **Farmacia** con forma a 45° la cual tiene un volado de 30 cm (muy poco marcado), presentan el mismo número de pisos construidos en altura y el mismo promedio de velocidad del viento (0.4 m/s).

Estas dos esquinas presentan un caso muy particular, ya que aunque los volados graduables de la esquina Pollos, logran encajonar el recorrido del viento, este pasa a la esquina de Farmacia y su forma abrazar el flujo del mismo. Aunado a lo anterior, tenemos las alturas de las esquinas de Joyería y Zapatos de 7 y 5 pisos construidos en altura respectivamente; ya que sus fachadas reciben el flujo del viento, se mantiene y desciende sobre las construcciones inmediatas (según lo visto en el experimento en el túnel de viento abierto del C.C.A.- UNAM).

### **5.3.1.3. Temperatura promedio Crucero 1 (mediciones cada 5 minutos)**

La gráfica 5.11, nos ilustra los promedios de temperatura con mediciones puntuales en las esquinas que conforman el crucero 1 y cuyo resultado obtenido es de 26.9 °C de temperatura promedio.

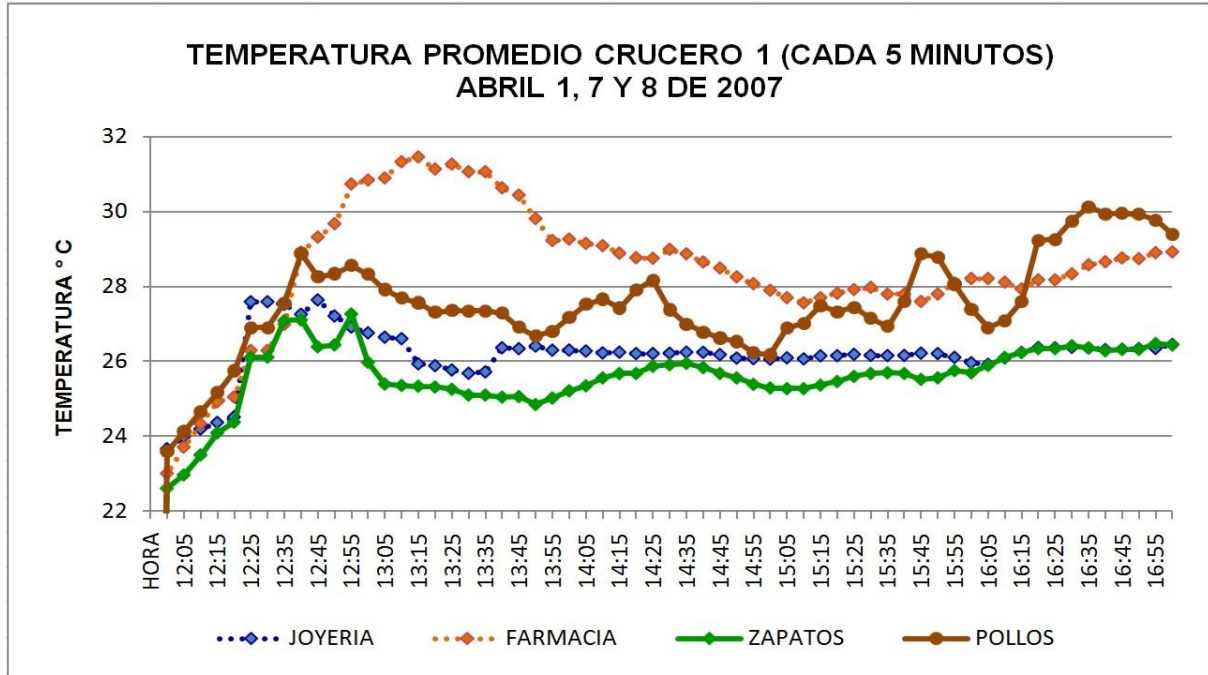
La esquina **Farmacia** registró el máximo valor de temperatura promedio de 31.5 °C (cada 5 minutos) y el valor mínimo de 22.6 °C correspondió a la esquina **Zapatos** de acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones puntuales del Crucero 1.

En cuanto a los promedios de temperatura por esquina del Crucero 1 se obtuvieron los siguientes valores: Farmacia 28.5 °C, Pollos 27.5 °C, Joyería 26.2 °C y Zapatos 25.6°C. Teniendo en cuenta los límites de confort establecidos por V. Olgay (la temperatura deberá estar entre los 21 °C y 26 °C), la esquina más confortable es **Zapatos (25.6 °C)** y muy cerca del límite establecido la esquina de Joyería (26.2 °C). Las esquinas Pollos y Farmacia con 27.5 °C y 28.5 °C (respectivamente) cuyos valores de temperatura promedio superan el límite establecido, son las más bochornosas para el peatón.

La esquina **Farmacia** registró el máximo valor de temperatura promedio (cada 5 minutos) en el cruce 1 con 31.5°C, seguidos por los valores de las esquinas **Pollos** con 30.1°C, **Joyería** con 27.6°C y **Zapatos** con 27.3°C; encontrándose una diferencia de hasta 4.2°C (Farmacia-Zapatos). Los valores mínimos registrados fueron 22.6°C (Zapatos), 23°C (Farmacia), 23.6°C (Pollos) y 23.7°C (Joyería) y fueron registrados hacia las 12 horas.

Los valores máximos de temperatura promedio se registraron entre las 12:45 y 13:15 horas para las esquinas de Joyería, Farmacia y Zapatos; en la esquina Pollos, éste valor se registró a las 16:35 horas (los rayos del sol en horas de la tarde, caen de manera perpendicular en ésta esquina con forma a 90°).

La temperatura en zonas de alta densidad de construcción es algunos grados más alta que en las áreas rurales circundantes debido al calor generado por combustibles, incremento en la absorción y almacenamiento de radiación solar, y velocidad del viento reducida debido a la rugosidad de la superficie.



**Figura 5.11:** Temperatura promedio esquinas del Cruce 1 (mediciones cada 5 minutos), para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007. L. Monsalve.

Los volados de las esquinas Joyería, Zapatería y Pollos (graduables) son elementos arquitectónicos que actúan como controladores solares en las edificaciones proporcionando sombra, disminuyendo la temperatura exterior en las fachadas y atenúan la radiación solar, pero más importante aún, es que según lo observado en el experimento del túnel de viento, éste encausa su recorrido por ellos (circula entre el volado y el nivel de piso) y acelera su velocidad si el volado es más extenso.

Para V. Olgyay (1968), el movimiento de aire afecta el enfriamiento del cuerpo sin disminuir la temperatura, produce una sensación de refrescante debido a la pérdida de calor por convección y evaporación. A medida que la velocidad del movimiento del aire aumenta, el límite superior de confort se eleva, disminuyendo la rapidez con que aumenta a medida que se alcanzan altas temperaturas.

Sobre los excesos de radiación en las vías vehiculares, en peatonales o banquetas, en edificios o en espacios abiertos, etc., los árboles constituyen una pantalla ideal,

tenemos muy pocos o escasos ubicados a lo largo de las banquetas en la avenida 5 de Mayo en los dos cruces de estudio.

El mecanismo regulador que ejerce la sombra de los árboles es doble, por un lado, la interposición física a la radiación solar, protegiendo al suelo y a los transeúntes; por otro lado, la absorción de calor mediante la transpiración, liberando vapor de agua al ambiente, lo cual disminuye la temperatura efectiva de los espacios arbolados.

El efecto del sol en un área en particular, depende de la textura, el color y la naturaleza de los materiales; ellos, en alguna medida, tienen un efecto en el microclima creado por el lugar y la arquitectura del lugar (Centro Histórico D.F.).

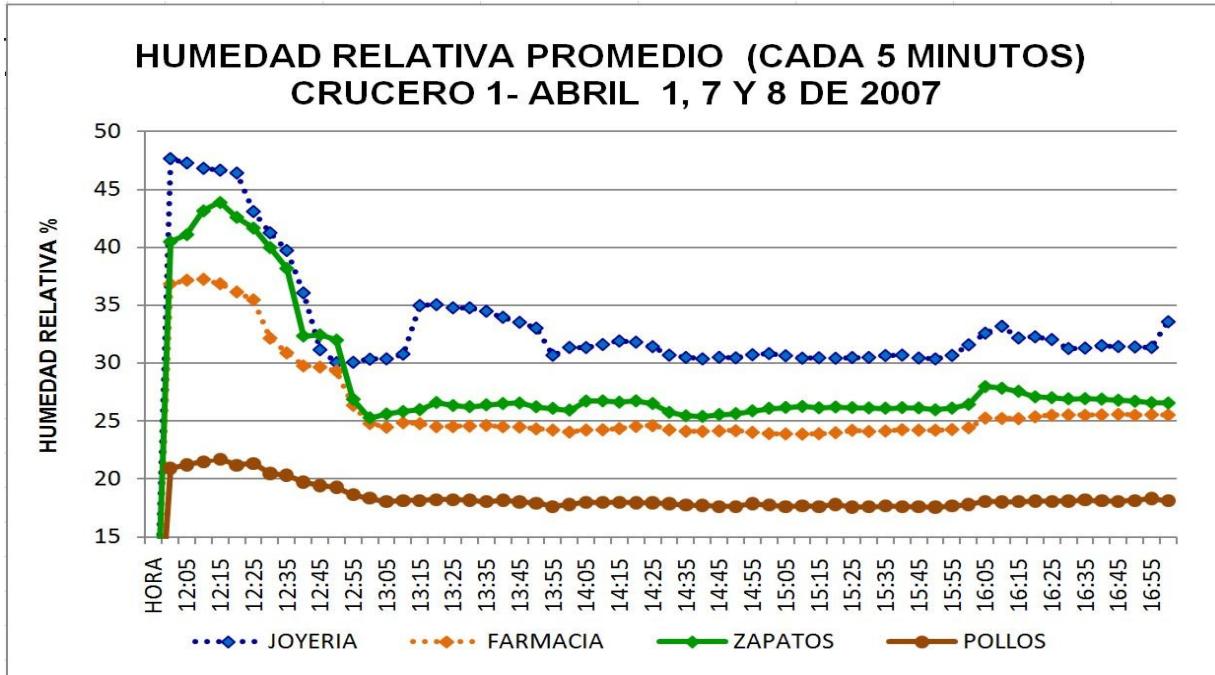
#### **5.3.1.4. Humedad Relativa promedio (mediciones cada 5 minutos)**

La gráfica 5.12, nos ilustra la humedad relativa (HR) promedio cada 5 minutos en las esquinas del cruce 1, cuyo promedio fue de 27 %.

El valor máximo de HR fue de 48% y se registró en la esquina **Joyería**, seguida por Zapatos con 44%, Farmacia con 37% y Pollos con 22%. El valor mínimo de 18% se registró en la esquina **Pollos**; seguida por Farmacia, Zapatos y Joyería con 24%, 25% y 30% respectivamente.

En cuanto a los valores máximos se obtuvo una diferencia de 26% de HR entre las esquinas Joyería y Pollos y de 12% de diferencia de HR entre los valores mínimos registrados en las esquinas Joyería y Pollos).

Teniendo en cuenta los límites de confort establecidos por V. Olgyay en 1968 (30% y 70% HR), la esquina que ofrece mayor confort al peatón es Joyería con 33 % de HR y muy cerca de este límite la esquina Zapatos con 29% de HR.



**Figura 5.12:** Humedad relativa promedio esquinas Cruceiro 1, (mediciones cada 5 minutos), para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007. L. Monsalve.

La HR promedio, desciende gradualmente desde las 12 a 17 horas; y la temperatura promedio, aumenta en este bloque de horas; si la temperatura es alta y la humedad relativa baja, existe una sensación de mucha sequedad y calor, y los vientos, no serán de gran ayuda, debiendo emplearse la evaporación para contrarrestar las altas temperaturas.

El enfriamiento debido a evaporación se puede lograr por medios arquitectónicos, utilizando vegetación, espejos de agua, fuentes, etc., para que carguen de humedad el aire con su evaporación, V. Olgay (1968).

### 5.3.2. Cruceiro 2

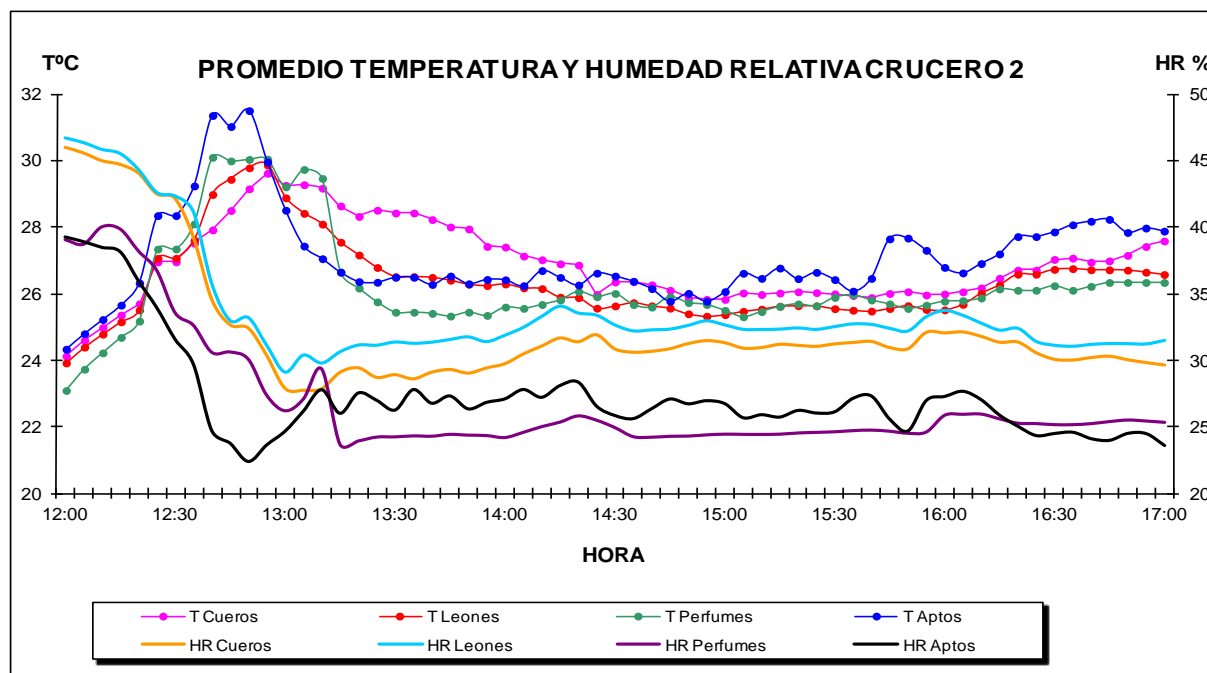
#### 5.3.2.1. Temperatura y Humedad Relativa

Los datos de temperatura promedio cada 5 minutos para los días de mediciones puntuales en el cruceiro 2, nos muestran que la esquina Apartamentos presentó el valor



de Tmax de 31.5°C (12:50 horas), y la esquina Perfumes, el valor de Tmin de 23.1°C (12:00 horas) como se observa en la figura 5.13. Los valores máximo y mínimo de HR se registraron en las esquinas Leones con 34% y Apartamentos con un 27%.

La forma arquitectónica de la esquina **Apartamentos** es a 45°, única dentro del crucero 2 con 7 pisos de construcción, con terraza descubierta y con altillo en el último nivel, recibe el sol en gran parte de la tarde. Las edificaciones contiguas tienen igual número de pisos sobre la avenida 5 de Mayo pero sobre la calle de Bolívar una altura menor de 2 pisos. Esta es una construcción nueva con cantera en toda la extensión de su fachada, conservando de ésta forma el lenguaje arquitectónico de las construcciones antiguas del sector.



**Figura 5.13:** Promedio cada 5 minutos de temperatura y humedad relativa crucero 2, para los días 1, 7 y 8 de Abril del 2007. L. Monsalve.

Los promedios por hora de T y HR en esta esquina son de 27.1 °C y 27 % respectivamente, siendo la temperatura promedio, el máximo valor obtenido en el crucero 2, los dos datos están fuera de los rangos de confort para exteriores.

La esquina **Perfumes**, con perfil arquitectónico a 90°, es el edificio más alto dentro del crucero 2 con 11 pisos de construcción, altillo y terraza descubierta en el último nivel, volado de 1.00 m de longitud a una altura del nivel de piso de 3.00 m, recibe el sol desde el naciente (piso 4) y en el poniente (piso 3) por el edificio de la esquina adyacente (Leones). El material en fachada a nivel de planta baja es mármol negro y en los pisos superiores cantera. El volado que se presenta en esta esquina, es el de menor longitud en los dos cruceros de estudio.

Los promedios cada 5 minutos obtenidos de T y HR son 26.2 °C y 27 % respectivamente. El valor de T está muy cercano al rango de confort y la HR se encuentra fuera del mismo.

La esquina **Leones**, edificio propiedad del Banco de México; con forma arquitectónica a 90° y 5 pisos de altura, recibe el sol desde el naciente y gran parte del poniente, sus construcciones adyacentes tienen iguales dimensiones en altura. El material en sus fachadas es cantera con columnas y ornamentos de remate en las fachadas. En esta esquina se registraron promedios de temperatura 26.4°C y 34% de HR, por lo que la HR se encontró dentro del rango de confort pero la temperatura se salió del límite establecido.

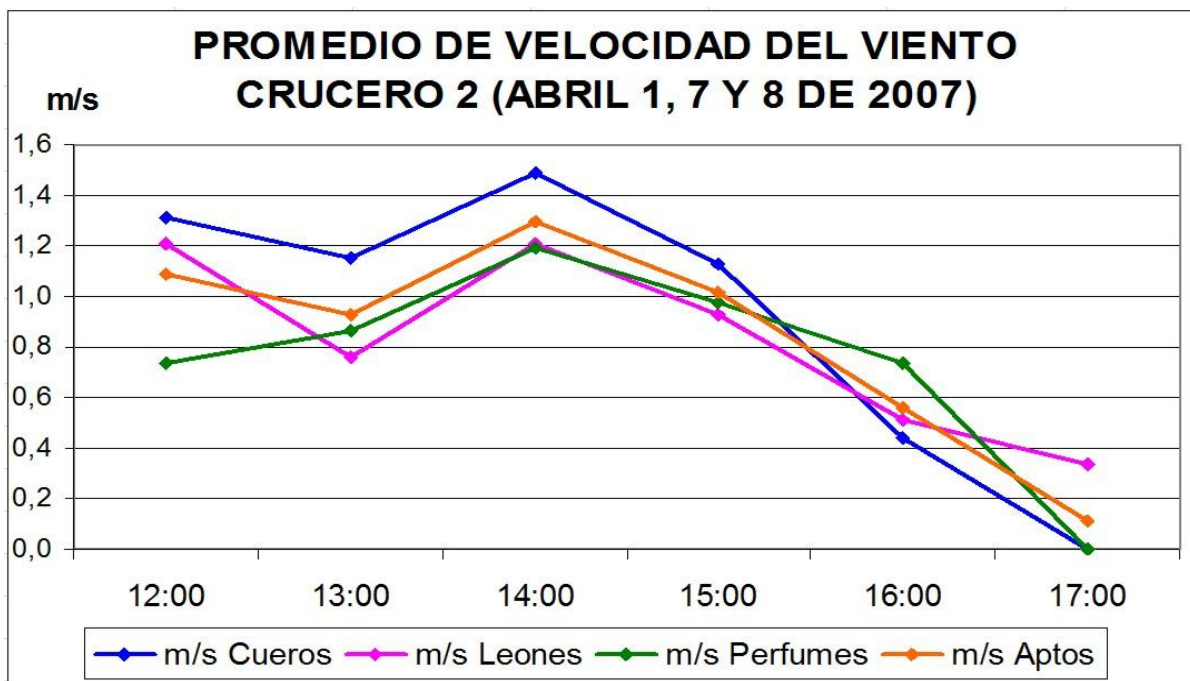
Con forma arquitectónica a 90°, la esquina **Cueros** presenta el mayor volado dentro del crucero 2, con 3.50 a una altura del nivel del piso de 3.45 m, con una inclinación de aproximadamente 30°, está hecha en lona de color verde y sostenido por cerchas de hierro forjado. El material en fachada es mármol de betas café y blanco con negro en el remate del zócalo, de 1.00 m de alto y piedra de cantera a nivel de la planta baja. En los pisos superiores se sigue conservando la cantera; desde el primer piso es propiedad del Banco de México.

Los promedios por hora obtenidos en la esquina Cueros de T y HR son de 26.9 °C y 32 % respectivamente, de acuerdo a los rangos de confort para exteriores la HR está dentro del rango y la T se encuentra muy por encima del límite establecido.

### 5.3.2.2. Velocidad Viento (promedio por hora)

La figura 5.14, nos muestra la velocidad promedio del viento por hora en el crucero 2 para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007 (mediciones puntuales en las esquinas de los cruceros de estudio), en el bloque de las 12 a 17 horas, durante la época de secas.

La esquina **Cueros** presentó el mayor promedio por hora de 0.9 m/s en el crucero 2, seguida por esquinas restantes 0.8 m/s, encontrando una diferencia promedio por hora de hasta 0.1 m/s en este crucero. También presenta el valor máximo por hora de 1.5 m/s y la esquina Cueros 0.0 m/s, encontrando una diferencia de hasta 1.5 m/s en dos esquinas del crucero 2.



**Figura 5.14:** Promedio por hora de la velocidad del viento Crucero 2 para los días 1, 7 y 8 de Abril del 2007. L. Monsalve.

Las dos esquinas presentan ángulo a 90° y se presenta la mayor altura de construcción dentro del cruce (11 pisos); en éste caso particular, la esquina Perfumes, éste edificio desvía el flujo de viento en otras direcciones, sobre la calle Bolívar y avenida 5 de Mayo que conforman el cruce 2, generando aceleración del flujo de viento, conduciéndolo a las esquinas de Cueros y Leones.

Según lo observado e interpretado en el experimento en el túnel de viento en el CCA - UNAM y el estudio previo realizado de Sol y Viento en el Instituto de Arquitectura Tropical "Hábitat y Energía" CIHE en Argentina; en el que mediante hielo seco, se visualizaron los efectos del movimiento de aire sobre la maqueta a escala, reproduciendo así, el espacio urbano de los dos cruces de estudio. Esta simulación del viento alrededor de las edificaciones, facilitó el análisis y verificación de las condiciones de aceleración, calmas y turbulencias que presentó el flujo de viento en los cruces de estudio.

En el estudio de Transformación urbana y sustentabilidad realizado por la Arq. S. Schiller en Argentina alrededor de edificios en altura, donde se incrementa significativamente la velocidad de viento, excediendo el promedio en zona urbana, habiéndose detectado velocidades de 2 a 5 m/s (metros por segundo) durante las mediciones puntuales del sector urbano estudiado.

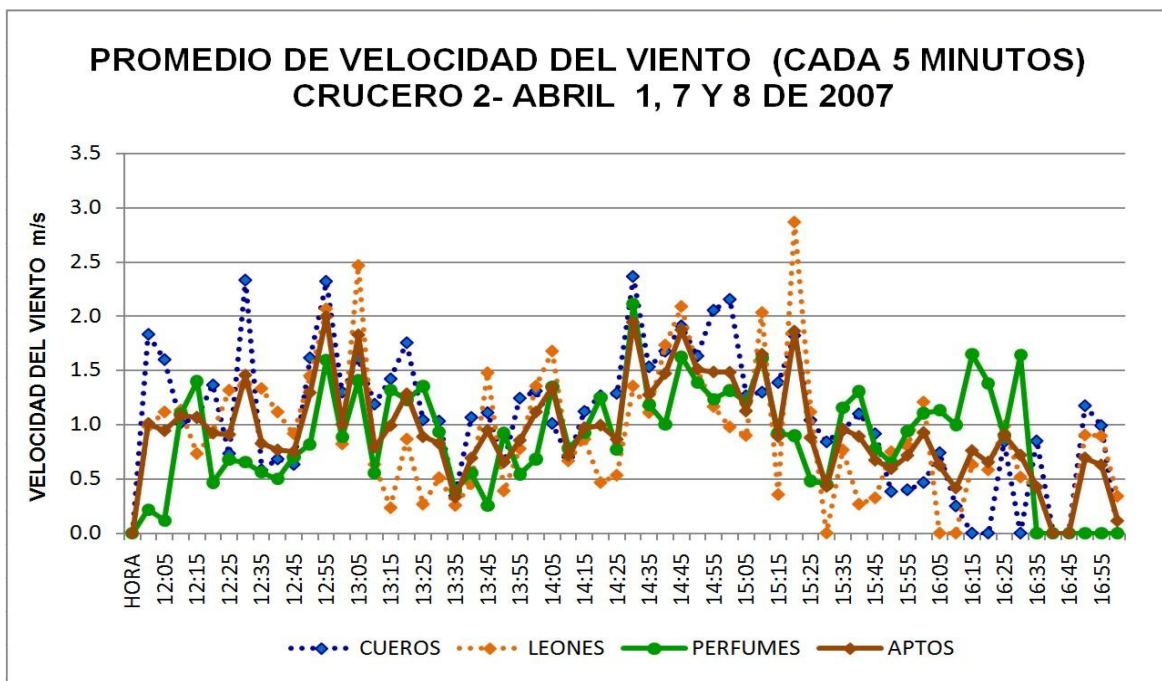
La esquina **Apartamentos** con ángulo a 45°, presentó un promedio por hora de 0.8 m/s de velocidad del viento y el valor máximo alcanzado por hora fue de 1.3 m/s; la intensidad del viento no es tan marcada dada su ubicación dentro del mismo, como sucede en las esquinas a 45° del cruce 1.

Al comparar los promedios por hora dentro de los dos cruces, se observa que en el cruce 2, el flujo de viento es más intenso y casi igual en las cuatro esquinas; mientras en el cruce 1, se presentan valores menores en las cuatro esquinas.

El volado de la esquina Cueros, de 3.45 m, embotella el flujo de viento a lo largo de toda la fachada, el volado y el nivel del piso sobre la avenida 5 de Mayo, se genera la máxima presión del viento a barlovento cuando la fachada es perpendicular ( $90^\circ$ ) a la dirección del viento, logrando un incremento de la velocidad del viento, tanto fuera del volado, como dentro del área del volado.

### 5.3.2.2.1. Viento promedio Crucero 2 (mediciones cada 5 minutos)

La gráfica 5.15., muestra el comportamiento del viento cada 5 minutos en el crucero 2, pudiéndose apreciar de manera más clara los máximos valores entre las 12:00 y 15:20 horas, a partir de ésta hora la velocidad descende hasta 0 m/s, aunque en la esquina de Perfumes presentó valores de 1.7 m/s y de 1.4 m/s entre las 16:15 y 16:20.



**Figura 5.15:** Velocidad del viento promedio Crucero 2, graficados cada 5 minutos, Abril 1, 7 y 8 del 2007. L. Monsalve.

Se puede observar, que los valores máximos de velocidad del viento corresponden a la esquina **Leones** (esquina a  $90^\circ$  y sin volado) y los mínimos en las esquinas **Cueros**

(esquina a 90° y volado de 3.50 m) y **Perfumes** (esquina a 90° y con volado de 1.00m). **Apartamentos** (esquina a 45° sin volado), presentó un valor mínimo de 0.1 m/s.

Los valores máximos de velocidad del viento presentadas en las cuatro esquinas son superiores a los 2.0 m/s: Leones (2.9 m/s), Leones (2.4 m/s), Perfumes (2.1 m/s) y Apartamentos (2.0 m/s), valores superiores a los obtenidos en las esquinas del crucero 1: Joyería (1.8 m/s), Farmacia (1.2 m/s), Zapatos (1.0 m/s) y Pollos (1.3 m/s)

El promedio del viento en el Crucero 2 es de 1.0 m/s y en el Crucero 1 es de 0.4 m/s; obteniendo una marcada diferencia de 0.6 m/s.

En el Crucero 2 se obtuvieron promedios más elevados de velocidad del viento al compararlo con el Crucero 1, los dos cruceros se ubican sobre la Av. 5 de Mayo y las Calles Bolívar e Isabel La Católica (cruce 2 y 1 respectivamente), pero la altura de las construcciones es mayor en el cruce 2. (11, 7, 5 y 4 pisos de construcción) y (7, 5 y 3 pisos de construcción en el cruce 1). Por lo anterior, se puede deducir que la altura de las construcciones incrementa la velocidad del viento de manera significativa en los alrededores de las edificaciones a nivel de piso o planta baja.

La esquina Perfumes a 90°, con 11 pisos de altura y volado de 1.00 m (presenta la mayor altura en el cruce 2), por su ubicación dentro del cruce, actúa como pantalla a la dirección de los vientos predominantes SW y W en la zona de estudio (ver rosas de viento Palacio de Minería, figura 5.6), la cual encausa el recorrido del viento sobre la esquina Leones (5 pisos), sobre la esquina Cueros (4 pisos y es la más baja del cruce).

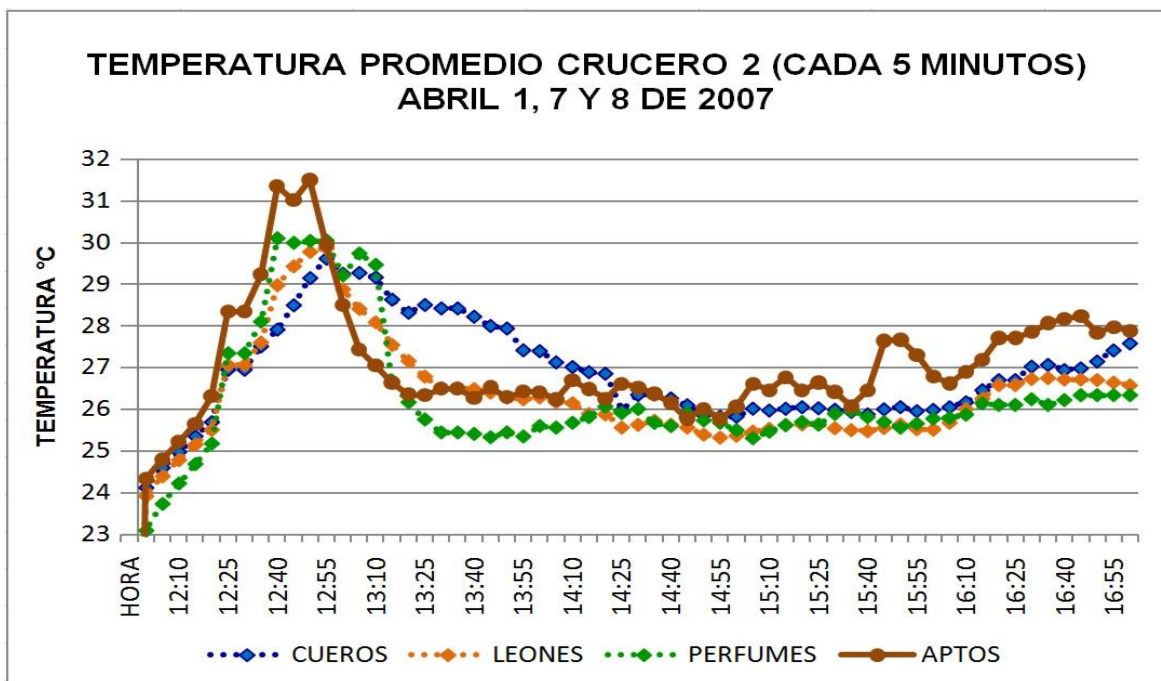
Las esquinas Apartamentos y Perfumes son las más altas del cruce 2, estos edificios se hallan implantados en la trama urbana de manera que forman un colector, generando así, una aceleración a nivel de suelo, conocida como efecto Venturi y se acentúa, cuando las alturas superan los 15 metros.

La Av. 5 de Mayo en conjunto con las construcciones y teniendo en cuenta su altura, determinan un encausamiento o trayectoria del flujo del viento conocido como efecto de Canalización y es el más conocido de todos los efectos del viento a nivel urbano.

Los elementos del paisaje pueden cambiar o modificar los movimientos del aire y su velocidad, los árboles, arbustos, paredes y barreras entre otros, pueden dar forma a zonas de alta y baja presión y mejorar la ventilación dentro de las edificaciones y en los espacios abiertos o exteriores.

### 5.3.2.3. Temperatura promedio Crucero 2 (mediciones cada 5 minutos)

La gráfica 5.16, nos ilustra los promedios de temperatura con mediciones puntuales en las esquinas que conforman el Crucero 2 y cuyo resultado obtenido es de 26.7 °C de temperatura promedio.



**Figura 5.16:** Promedio de temperatura Crucero 2, mediciones cada 5 minutos, para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007. L. Monsalve.

La esquina **Apartamentos** registró el máximo valor de temperatura promedio de 31.5°C (cada 5 minutos) y el valor mínimo de 23.1 °C correspondió a la esquina **Perfumes** de acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones puntuales del Crucero 2.

La esquina **Apartamentos** registró el máximo valor de T (cada 5 minutos) en el Crucero 2 con 31.5 °C, seguida de los valores de las esquinas **Perfumes** con 30.1 °C, **Leones** con 29.9 °C y **Cueros** con 29.6 °C. Se encontró una diferencia entre el valor mayor y el menor de T máxima de 0.4 °C.

La temperatura del Crucero 2 va en aumento desde las 12:00 del día y consigue sus valores máximos entre las 12:40 y 12:50 horas, desciende gradualmente hasta las 14:55 horas, con el transcurrir de la tarde la temperatura tiene un cierto incremento a partir de las 16:10 horas y de ahí, hasta el final de la hora de las mediciones puntuales (17:00 horas). Tenemos como esquina atípica Apartamentos, que presentó valores superiores entre las 14:55 y 17:00 horas.

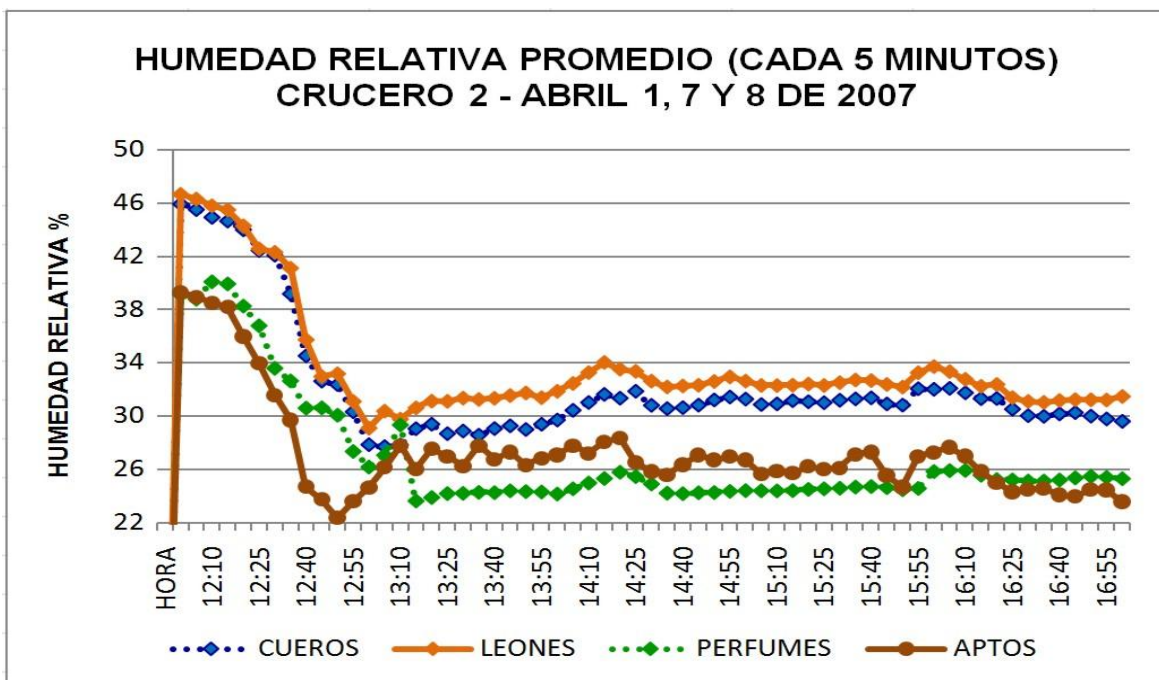
En relación a los promedios obtenidos en cada esquina se obtuvieron los siguientes valores: Perfumes con 26.2°C, Leones con 26.4°C, Cueros con 26.9 °C y Apartamentos con 27.1 °C y de acuerdo a los límites de confort, la esquina más confortable a los peatones es **Perfumes**, aunque supera en 02 °C éste límite, las esquinas Leones y Cueros, están 0.4°C y 0.9 °C respectivamente, pero teniendo en cuenta el gráfico bioclimático el viento, puede conseguir el confort para los peatones.

Teniendo en cuenta los recorridos peatonales por las esquinas de los Crucero 1 y del Crucero 2, Apartamentos está fuera del rango de confort con 27.2 °C de temperatura promedio; no presenta la misma sensación de bochorno que la esquina Pollos con temperatura promedio de 27.3 °C en el cruce 1 (correspondientes por ubicación en igual lugar de cada cruce); se puede percibir la influencia del aumento significativo del flujo de viento sobre la piel, y una mayor sensación de confort para el peatón, confirmando lo experimentado, analizado y escrito por V. Olgyay (1968), y cuya



explicación está en el análisis de temperatura promedio por hora para el crucero 1 de esta misma sección.

#### 5.3.2.4. Humedad Relativa promedio (mediciones cada 5 minutos)



**Figura 5.17.** Promedio humedad relativa Crucero 2, mediciones cada 5 minutos, Para los días 1, 7 y 8 de abril de 2007. L. Monsalve.

La gráfica 5.17 nos ilustra la HR promedio cada 5 minutos en las cuatro esquinas del Crucero 2, cuyo promedio fue de 30% encontrándose en el límite exacto de confort para exteriores.

El promedio máximo de HR promedio fue de **47%** y se registró en la esquina **Leones**, seguida por Cueros con 46%, Perfumes con 40% y finalmente, Apartamentos con 39%. Todos los resultados obtenidos en las esquinas se encuentran dentro del límite de confort.

Entre las 12:10 y 13:00 horas, la HR desciende y se mantiene casi constante entre 22% y 30% el resto de la tarde. Los valores máximos se registraron a las 12:00 horas (hora en que se inició el registro de las mediciones puntuales), es de anotar que se pudieron presentar valores superiores en horas previas a las mediciones en el sitio.

El promedio máximo de 34% HR, se registró en la esquina **Leones** y el mínimo de 27% en **Perfumes** y **Apartamentos**; obteniendo una diferencia de hasta 6 % entre esquinas.

Al comparar los rangos de confort para exteriores de T y HR, la esquina del crucero 2 que más se aproxima a los rangos establecidos es **Leones con 26.4 °C y 33%**; Perfumes está en el rango de T con 26.2 °C y Cueros está dentro del rango de HR con 32 %.

El crucero 2, se siente más fresco al caminar por sus banquetas, aunque presenta valores por encima de los rangos establecidos de confort para exteriores, el flujo del viento, juega un importante papel al entrar en contacto, tanto en las edificaciones, como la sensación de frescor al ser humano.

De acuerdo a los promedios por hora entre los cruceros 1 y 2 de temperatura y humedad relativa; el **Crucero 2** está más cercano al rango de confort de T con **26.7°C y dentro el rango de HR con 30 %**; el crucero 1, supera el rango de confort en T con 27°C aunque la HR está dentro del rango con 31 %.

Al transportarnos a la realidad del área de estudio y caminando por cada una de las esquinas a diferentes horas del día, se puede expresar una sensación bastante agradable por las esquinas que sí están dentro de los rangos de confort, bien sea de temperatura o humedad relativa; y más aún, la influencia del recorrido del viento en cada una de las mismas, con volados o sin volados produce agradable sensación sobre la piel del peatón.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Según el experimento en el túnel de viento abierto y al evaluar el recorrido del viento en los cruceros, se pudo visualizar que las esquinas a 45° distribuyen mejor el recorrido del viento y las hace más confortables a los peatones, pues éste forma una especie de remolino el cual hace recircular el flujo por unos segundos en la esquina y finalmente, lo extiende por las calles. Los voladizos en las esquinas, dan lugar a entubamientos y aceleraciones del flujo de viento, generando sensación de frescor al peatón, pero al mismo tiempo, cierta incomodidad al andar.

Desde el punto de vista bioclimático, es decir el estudio del clima en relación con el hombre en procura de ofrecerle mejores condiciones de confort, el aumento de la superficie construida y la sustitución del suelo natural, produce uno de los fenómenos más preocupantes del clima urbano: la isla de calor urbano y asociado a esto, el aire de la ciudad se torna más seco, es decir se genera una muy baja humedad relativa, produciendo una sensación de incomodidad al ser humano.

El viento es una variable climática, invisible, impredecible y de fuerte impacto ambiental en la calidad del espacio exterior urbano y en el diseño de edificios; adicionalmente al impacto de acceso al sol en áreas urbanas, el viento afecta varios aspectos del comportamiento urbano y edilicio, tal como las pérdidas de calor de los edificios y el confort y habitabilidad de los espacios exteriores, su aprovechamiento puede proporcionar un medio natural de refrigeración en la época de secas y su protección, mejora los niveles de habitabilidad durante la época de lluvias y de fríos.

Se registraron temperaturas promedio de 26.9°C y 26.6°C entre los cruceros 1 y 2 respectivamente; presentando una diferencia de 0.3°C, lo cual hace que el crucero 2 se acerca más al rango de confort para exteriores.

El promedio de 30% de humedad relativa en el cruce 2, lo ubica nuevamente dentro del rango de confort para exteriores, mientras que el cruce 1 con 27% de HR queda fuera del rango; por último, la velocidad del viento del cruce 1 llega a los 0.4 m/s y el cruce 2 alcanza 1.0 m/s, hallando una diferencia de 0.6 m/s lo cual puede contribuir a que el cruce 2 se encuentre en el rango de confort.

La tendencia a proyectar edificios en altura dentro de la trama urbana existente, reduce la posibilidad de lograr un diseño coherente del espacio exterior y promover condiciones microclimáticas favorables a escala del peatón y del usuario de la ciudad, ya que los nuevos edificios construidos en el área de trabajo renunciaron a la tan importante vegetación, como se demuestra en la esquina Apartamentos, edificio de reciente construcción.

El estudio permitió observar que los volados y las esquinas a 45°, favorecen el flujo, comportamiento y recorrido del viento y por ende, ayudan a mantener y mejorar el confort del ser humano en espacios exteriores.

El trayecto vehicular y peatonal de la avenida 5 de Mayo hacia la Calle Bolívar analizado en el cruce 2, presenta el Efecto de Canalización y Efecto de Esquina, ya que se logró identificar un encausamiento del flujo del viento, especialmente entre las esquinas Apartamentos y Perfumes, por ser las que presentan mayor altura en construcción, es importante recordar que éste cruce se encuentra dentro del rango de confort para exteriores.

En el área de estudio se observan diferentes factores que modifican la velocidad del viento, entre los cuales tenemos el tipo de superficie, las diferentes alturas de las construcciones, el ancho de las vías, la escasa vegetación (árboles y arbustos), falta de aislamientos posteriores y laterales entre las edificaciones, convirtiéndose en la superficie por la que fluye el viento, produciendo procesos de resistencia y rozamiento lo que provoca a su vez disminución de la velocidad. Al encontrar un obstáculo, el

viento es desviado en las direcciones vertical y horizontal, y debido a la concentración del flujo laminar aumenta la velocidad en la parte superior, y disminuye en la inferior.

La masa edificatoria de cada ciudad condiciona notablemente las características del viento, siendo prácticamente imposible hacer generalizaciones de comportamiento, por lo que se recomienda estudiar cada caso específico pormenorizadamente.

## 7 BIBLIOGRAFIA

1. Alchupe C. María G. (1997). Influencia de los factores climáticos en el diseño de la vivienda (estrategia aplicada a Villahermosa-Tabasco). División de estudios de Posgrado e Investigación – Maestría en Arquitectura – UNAM.
2. Bertín D. Marino, (2000) El proceso de realización: Diseño Arquitectónico con énfasis en aspectos bioclimáticos, Tesis para optar al Grado de Maestro en Arquitectura, División de Estudios de Posgrado - Facultad de Arquitectura - UNAM, México D.F.
3. Butti Ken, Perlin John, (1985) Un hilo dorado: 2500 años de arquitectura y tecnologías solares, Madrid - España.
4. CENAPRED, Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México (2001). Secretaría de Gobernación, México D.F.
5. Chauliaguet, Ch. (1978). “La Energía Solar en la Edificación”; Ed. Técnicos Asociados; Barcelona – España.
6. Espinosa C. Moisés (2000), Bioclimatología Urbana de la Ciudad de México, Facultad de Geografía – UNAM.
7. Fernández G. Felipe (1998), Clima y ambiente urbano en ciudades Ibérica e Iberoamericanas- Manual de Climatología aplicada, Parteluz Editores, España.
8. Fernández A., De Schiller S. (1993), Sol y Viento: de la investigación al diseño, Centro de Investigación “Habitat y Energía” CIHE, Fundación Príncipe Claus para la Cultura y el Desarrollo, UBA, Argentina.

9. De Schiller Silvia, (2000) Transformación urbana y sustentabilidad, del proyecto de investigación: Arquitectura sostenible: evaluación del impacto de las decisiones de diseño, Laboratorio de Estudios Bioambientales de la FADU – UBA, Argentina.
10. Fuentes F. Víctor (1998), Nuevas tecnologías en arquitectura bioclimática / Tecnología y diseño en las edificaciones; Editorial U.A.M. – A., México D.F.
11. García Ch. Roberto (2005), Viento y Arquitectura, Editorial Trillas, 3ra Edición, México – México.
12. García Ch. Roberto, Fuentes F. Víctor, (1987) Viento y Arquitectura: el viento como factor de diseño arquitectónico, México D.F.
13. García Ch. Roberto, Fuentes F. Víctor, (1989) Arquitectura bioclimática y energía solar: el viento como factor de diseño arquitectónico, UAM - Azcapotzalco, México D.F.
14. García L. María Dolores (2010). Arquitectura bioclimática: apuntes. España.
15. George M. Gidy (1972), Los Vientos (los orígenes y el comportamiento del movimiento atmosférico), Editorial Reverte Mexicana S.A., México.
16. González Eduardo et al, (1986) Proyecto clima y arquitectura, Facultad de Arquitectura - Universidad del Zulia, Instituto de Investigaciones de Arquitectura y Sistemas Ambientales, Tomos I, II y III, Maracaibo - Venezuela.
17. Higuera Ester, (2006) Urbanismo bioclimático, Barcelona - España.
18. Helion-Verlag (1983) Biologischer Sonnenhausbau, Traducido para la edición española, Barcelona - España.

19. Izard Jean Louis & Guyot Alan (1980). *Arquitectura Bioclimática*, Editorial Gustavo Gili, Barcelona- España.
20. Jáuregui O. Ernesto y Heres P. María (2008). El clima/bioclima de un parque periurbano de la ciudad de México. Instituto de investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía-UNAM. ISSN0188-4611, No. 67.
21. Jáuregui O. Ernesto. (2006) *Urbanización y cambio climático en México*. CCA – UNAM. *Climatología, cambios climáticos y atmósfera.* /, Geos, Vol. 26, No. 1.
22. Jáuregui O Ernesto, (2000) *El clima de la Ciudad de México*, Instituto de Geografía – *Temas selectos de Geografía - UNAM*, México D.F.
23. Jáuregui O Ernesto, (1982) *Los climas urbanos tropicales*, Instituto de Geografía – *Temas selectos de Geografía - UNAM*, México D.F.
24. Jáuregui O Ernesto, (1971) *Mesomicroclima de la Ciudad de México*, UNAM, México D.F.
25. Jáuregui O Ernesto, (1962) *Algunas alteraciones de largo período de la ciudad de México debidas a la urbanización – Revisión y Perspectivas*, Instituto de Geografía - UNAM, Artículo 231, México D.F.
26. Koeningsberger O.H., Szokolay S.V., et al, (1977) *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*, Madrid - España.
27. López M. Fernando (1998), *Nota sobre el viento en el casco urbano de Zaragoza. Un factor de Planificación Urbana*, Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza – España.



28. Luyando L. Elda (1991). Circulación de los vientos superficiales en la Cuenca de México y su relación con el transporte de contaminantes atmosféricos. Facultad de Filosofía y letras – UNAM.
29. Manrique José A., (1984) Energía solar, fundamentos y aplicaciones fototérmicas, México D.F.
30. Memorias 1er Encuentro Nacional de Diseño y Medio Ambiente (1990). Universidad de Colima, Colima.
31. Memorias del Tercer Seminario Internacional PLEA, (1984) SEDUE - INFONAVIT, México D.F.
32. Moreno G. María del Carmen, Climatología Urbana (Textos Docents 160), Edicions Universitat de Barcelona – España, 1999.
33. Moreno G. María del Carmen, Las investigaciones sobre el clima urbano de las ciudades españolas, Universidad de Barcelona, Barcelona – España, 1998.
34. Moreno G. María del Carmen (1993), Una propuesta de terminología castellana en Climatología Urbana, Barcelona – España.
35. Notas del curso de actualización en energía solar (1998). Centro de Investigación en Energía Solar y Posgrado en Energía Solar – UNAM, Temixco – Morelos.
36. Ochoa Alejandro, (2002) Criterios bioclimáticos para la planificación urbana (Características de dos entornos urbanos de la Ciudad de Colima, Tesis para optar al Grado de Maestro en Arquitectura, Universidad de Colima, Colima - Col.

37. Olgay, Víctor; "Clima y Arquitectura en Colombia" (1968); Traducción supervisada por Eduardo de Irisarri; Facultad de Arquitectura – Universidad del Valle; Cali; Ed. Carvajal y cia, Cali – Valle del Cauca – Colombia.
38. Olgay Víctor, (1998) Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas, Princeton University Press, Edición española.
39. Programa Mundial sobre el Clima, La climatología urbana y sus aplicaciones con especial referencia a las regiones tropicales, (1984) Documentos de la Conferencia Técnica organizada por la OMM y la OMS, México D.F.
40. Ramón, Fernando (1980). Ropa, sudor y arquitecturas. Editorial H. Blume.
41. Revista: AS Arquitectura Sustentable (2009), Enlace Arquitectura y Diseño, Número 1:002, México.
42. Revista: AS Arquitectura Sustentable (2009), Enlace Arquitectura y Diseño, Número 1:003, México.
43. Revista: Enlace Arquitectura y Diseño (2009), Ed. Enlace Arquitectura y Diseño, Número 214, México.
44. Rivero, Roberto (1988). Arquitectura y clima: acondicionamiento térmico natural para el hemisferio norte. México, UNAM.
45. Rodríguez Viqueira Manuel (2005), Introducción a la arquitectura bioclimática, editorial Limusa, México DF – México.

46. Serra, Rafael (1999), *Arquitectura y climas*. 1a ed., Editorial Gustavo Gili. Barcelona-España.
47. Serrano Francisco J., (1981) *Soleamiento, climas y edificación*, Facultad de Arquitectura - UNAM, México DF – México.
48. Szokolay Steven V., (1978) *Energía solar y edificación*, Barcelona – España.
49. Tudela Fernando; “*Ecodiseño*”; Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco; Ed. El Gusano de luz, S.A. de C.V.; México D.F.; 1986.
50. Vale Brenda, (1981) *Casa autónoma: diseño y planificación para la autosuficiencia*, Colección Tecnología y Arquitectura, G.G., Barcelona – España.
51. Vélez G. Roberto, (1992) *Ecología en el diseño arquitectónico: datos prácticos sobre diseño bioclimático y ecotecnias*, México D.F.
52. Vitruvio, Marco; “*Los Diez libros de Arquitectura*”; Traducción del latín Presbítero Don Joseph Ortiz y Sanz; Madrid - España; 1787.
41. Wright David, (1983) *Arquitectura solar natural: un texto pasivo*, México D.F.
53. Yáñez Guillermo (1982), *Energía solar, edificación y clima*. Edita Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid – España.

## 8 ANEXOS

| Tabla 8.1: PROMEDIOS ABRIL 2007 |                  |         |             |         |                  |         |
|---------------------------------|------------------|---------|-------------|---------|------------------|---------|
| Hora                            | VELOCIDAD VIENTO |         | TEMPERATURA |         | HUMEDAD RELATIVA |         |
|                                 | Mineria          | Texcoco | Mineria     | Texcoco | Mineria          | Texcoco |
| 01:00                           | 0.9              | 2.5     | 16.8        | 14.5    | 48               | 47      |
| 02:00                           | 0.8              | 2.4     | 16.3        | 14.0    | 51               | 49      |
| 03:00                           | 0.7              | 2.3     | 15.9        | 13.7    | 53               | 50      |
| 04:00                           | 0.6              | 2.4     | 15.5        | 13.1    | 54               | 52      |
| 05:00                           | 0.6              | 2.3     | 15.1        | 12.5    | 55               | 53      |
| 06:00                           | 0.5              | 2.1     | 14.7        | 11.6    | 56               | 55      |
| 07:00                           | 0.5              | 2.1     | 14.7        | 11.3    | 55               | 57      |
| 08:00                           | 0.7              | 2.0     | 15.6        | 13.4    | 52               | 50      |
| 09:00                           | 0.7              | 2.1     | 17.2        | 16.1    | 47               | 42      |
| 10:00                           | 1.0              | 2.3     | 19.0        | 18.6    | 40               | 35      |
| 11:00                           | 1.5              | 2.6     | 20.8        | 20.6    | 33               | 29      |
| 12:00                           | 1.8              | 3.0     | 22.4        | 22.2    | 27               | 24      |
| 13:00                           | 1.8              | 3.5     | 23.5        | 23.2    | 23               | 22      |
| 14:00                           | 2.1              | 3.7     | 24.1        | 23.7    | 22               | 21      |
| 15:00                           | 2.1              | 4.1     | 24.4        | 23.8    | 21               | 21      |
| 16:00                           | 2.1              | 4.9     | 24.3        | 23.5    | 22               | 22      |
| 17:00                           | 2.4              | 5.3     | 23.7        | 22.9    | 24               | 24      |
| 18:00                           | 2.8              | 5.2     | 22.7        | 21.7    | 29               | 26      |
| 19:00                           | 2.3              | 4.8     | 21.6        | 20.2    | 32               | 31      |
| 20:00                           | 2.3              | 4.3     | 20.1        | 18.4    | 36               | 36      |
| 21:00                           | 1.9              | 3.9     | 19.2        | 17.3    | 39               | 40      |
| 22:00                           | 1.4              | 3.2     | 18.5        | 16.3    | 42               | 42      |
| 23:00                           | 1.1              | 3.0     | 17.8        | 15.6    | 45               | 44      |
| 00:00                           | 0.9              | 2.9     | 17.3        | 15.1    | 47               | 46      |
| <b>Max</b>                      | 2.8              | 5.3     | 24.4        | 23.8    | 56               | 57      |
| <b>Min</b>                      | 0.5              | 2.0     | 14.7        | 11.3    | 21               | 21      |
| <b>Prom</b>                     | 1.4              | 3.2     | 19.2        | 17.6    | 40               | 38      |

**Tabla .8.1:** Promedios de Velocidad del Viento, Temperatura y Humedad Relativa para abril de 2007 en las estaciones Minería (urbana) y Texcoco (rural). Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.2: VIENTO MAXIMO |       |          |       |          |  |
|--------------------------|-------|----------|-------|----------|--|
|                          |       | MINERIA  |       | TEXCOCO  |  |
| Día                      | hora  | wspk m/s | hora  | wspk m/s |  |
| 1                        | 16:00 | 8.9      | 15:00 | 13.5     |  |
| 2                        | 17:00 | 8.6      | 17:00 | 14.6     |  |
| 3                        | 15:00 | 9.7      | 16:00 | 12.9     |  |
| 4                        | 13:00 | 7.4      | 18:00 | 12.7     |  |
| 5                        | 20:00 | 9.5      | 15:00 | 13.7     |  |
| 6                        | 12:00 | 7.1      | 20:00 | 10.1     |  |
| 7                        | 18:00 | 8.7      | 18:00 | 10.4     |  |
| 8                        | 18:00 | 9.9      | 15:00 | 16.1     |  |
| 9                        | 18:00 | 9.2      | 18:00 | 12.5     |  |
| 10                       | 14:00 | 11.4     | 17:00 | 16.1     |  |
| 11                       | 18:00 | 9.8      | 17:00 | 10.5     |  |
| 12                       | 18:00 | 10.5     | 16:00 | 14.4     |  |
| 13                       | 17:00 | 12.1     | 15:00 | 17.9     |  |
| 14                       | 19:00 | 8.6      | 17:00 | 12.9     |  |
| 15                       | 18:00 | 8.2      | 18:00 | 12.9     |  |
| 16                       | 13:00 | 9.8      | 16:00 | 14.4     |  |
| 17                       | 17:00 | 8.6      | 16:00 | 13.2     |  |
| 18                       | 19:00 | 5.9      | 12:00 | 8.6      |  |
| 19                       | 15:00 | 8.4      | 20:00 | 11.1     |  |
| 20                       | 22:00 | 5.4      | 16:00 | 11.3     |  |
| 21                       | 15:00 | 9.2      | 16:00 | 18.8     |  |
| 22                       | 16:00 | 14.6     | 21:00 | 12.7     |  |
| 23                       | 17:00 | 11.5     | 17:00 | 19.2     |  |
| 24                       | 17:00 | 9.2      | 17:00 | 12.0     |  |
| 25                       | 18:00 | 8.1      | 17:00 | 9.6      |  |
| 26                       | 17:00 | 10.9     | 16:00 | 13.9     |  |
| 27                       | 20:00 | 9.6      | 17:00 | 10.5     |  |
| 28                       | 21:00 | 7.3      | 18:00 | 11.6     |  |
| 29                       | 18:00 | 8.6      | 18:00 | 11.7     |  |
| 30                       | 18:00 | 7.9      | 21:00 | 16.6     |  |

|            |    |       |      |       |      |
|------------|----|-------|------|-------|------|
| <b>Max</b> | 22 | 16:00 | 14.6 | 17:00 | 19.2 |
| <b>Min</b> | 20 | 22:00 | 5.4  | 12:00 | 8.6  |

Tabla 8.2: Viento Máximo: estaciones Minería (urbana) y Texcoco (rural) para abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.3: CRUCERO 1 |         |    |       |          |    |       |         |    |       |        |    |       |
|----------------------|---------|----|-------|----------|----|-------|---------|----|-------|--------|----|-------|
|                      | JOYERIA |    |       | FARMACIA |    |       | ZAPATOS |    |       | POLLOS |    |       |
| HORA                 | T       | HR | V/m/s | T        | HR | V/m/s | T       | HR | V/m/s | T      | HR | V/m/s |
| 12:00                | 26.1    | 40 | 0.6   | 26.9     | 33 | 0.6   | 25.4    | 37 | 0.3   | 26.7   | 20 | 0.5   |
| 13:00                | 26.2    | 33 | 0.9   | 30.6     | 25 | 0.4   | 25.2    | 26 | 0.3   | 27.4   | 18 | 0.5   |
| 14:00                | 26.2    | 31 | 0.7   | 28.7     | 24 | 0.5   | 25.6    | 26 | 0.4   | 27.1   | 18 | 0.5   |
| 15:00                | 26.1    | 31 | 0.6   | 27.8     | 24 | 0.4   | 25.5    | 26 | 0.3   | 27.5   | 18 | 0.4   |
| 16:00                | 26.3    | 32 | 0.3   | 28.4     | 25 | 0.2   | 26.3    | 27 | 0.1   | 28.9   | 18 | 0.2   |
| 17:00                | 26.5    | 34 | 0.0   | 28.9     | 26 | 0.5   | 26.4    | 27 | 0.0   | 29.4   | 18 | 0.2   |

|     |      |    |     |      |      |     |      |    |     |      |    |     |
|-----|------|----|-----|------|------|-----|------|----|-----|------|----|-----|
| max | 26.5 | 40 | 0.9 | 30.6 | 33   | 0.6 | 26.4 | 37 | 0.4 | 28.9 | 20 | 0.5 |
| min | 26.1 | 31 | 0.0 | 26.9 | 24   | 0.2 | 25.2 | 26 | 0.0 | 27.1 | 18 | 0.2 |
| pro | 26.2 | 33 | 0.5 | 28.6 | 28.6 | 0.4 | 25.7 | 28 | 0.2 | 27.8 | 18 | 0.4 |

**Tabla 8.3:** Crucero 1: Promedios por hora de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabal 8.4: CRUCERO 2 |        |    |       |        |    |       |          |    |       |       |    |       |
|----------------------|--------|----|-------|--------|----|-------|----------|----|-------|-------|----|-------|
|                      | CUEROS |    |       | LEONES |    |       | PERFUMES |    |       | APTOS |    |       |
| HORA                 | T      | HR | V/m/s | T      | HR | V/m/s | T        | HR | V/m/s | T     | HR | V/m/s |
| 12:00                | 27.0   | 39 | 1.3   | 27.1   | 40 | 1.2   | 27.2     | 34 | 0.7   | 28.0  | 31 | 1.1   |
| 13:00                | 28.4   | 29 | 1.2   | 27.1   | 31 | 0.8   | 26.5     | 25 | 0.8   | 26.7  | 27 | 0.9   |
| 14:00                | 26.5   | 31 | 1.5   | 25.7   | 33 | 1.2   | 25.7     | 25 | 1.2   | 26.3  | 27 | 1.3   |
| 15:00                | 26.0   | 31 | 1.1   | 25.5   | 33 | 1.0   | 25.7     | 25 | 1.0   | 26.7  | 26 | 1.0   |
| 16:00                | 26.8   | 31 | 0.4   | 26.4   | 32 | 0.5   | 26.1     | 25 | 0.7   | 27.6  | 25 | 0.5   |
| 17:00                | 27.6   | 30 | 0.0   | 26.6   | 31 | 0.3   | 26.3     | 25 | 0.0   | 27.9  | 24 | 0.1   |

|     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |
|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|
| Max | 28.4 | 39 | 1.5 | 27.1 | 40 | 1.2 | 27.2 | 34 | 1.2 | 28.0 | 31 | 1.3 |
| Min | 26.0 | 30 | 0.0 | 25.5 | 31 | 0.3 | 25.7 | 25 | 0.0 | 26.3 | 24 | 0.1 |
| Pro | 27.0 | 32 | 0.9 | 26.4 | 33 | 0.8 | 26.3 | 27 | 0.7 | 27.2 | 27 | 0.8 |

**Tabla 8.4:** Crucero 2: Promedios por hora de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.5: CRUCERO 1 |         |    |       |          |    |       |         |    |       |        |    |       |
|----------------------|---------|----|-------|----------|----|-------|---------|----|-------|--------|----|-------|
| HORA                 | JOYERIA |    |       | FARMACIA |    |       | ZAPATOS |    |       | POLLOS |    |       |
|                      | TEM     | HR | V/m/s | TEM      | HR | V/m/s | TEM     | HR | V/m/s | TEM    | HR | V/m/s |
| 12:00                | 23.7    | 48 | 0.0   | 23.0     | 37 | 0.6   | 22.6    | 41 | 0.2   | 23.6   | 21 | 0.3   |
| 12:05                | 24.0    | 47 | 0.8   | 23.7     | 37 | 0.5   | 23.0    | 41 | 0.7   | 24.1   | 21 | 0.7   |
| 12:10                | 24.2    | 47 | 0.5   | 24.3     | 37 | 0.7   | 23.5    | 43 | 0.2   | 24.7   | 21 | 0.5   |
| 12:15                | 24.4    | 47 | 0.7   | 24.9     | 37 | 1.0   | 24.1    | 44 | 0.6   | 25.2   | 22 | 0.8   |
| 12:20                | 24.5    | 46 | 0.4   | 25.0     | 36 | 0.0   | 24.4    | 43 | 0.3   | 25.7   | 21 | 0.2   |
| 12:25                | 27.6    | 43 | 0.8   | 26.3     | 35 | 0.8   | 26.1    | 42 | 0.0   | 26.9   | 21 | 0.5   |
| 12:30                | 27.6    | 41 | 0.0   | 26.3     | 32 | 0.2   | 26.1    | 40 | 0.0   | 26.9   | 20 | 0.1   |
| 12:35                | 27.5    | 40 | 0.0   | 27.0     | 31 | 0.4   | 27.1    | 38 | 0.0   | 27.6   | 20 | 0.1   |
| 12:40                | 27.3    | 36 | 1.0   | 28.9     | 30 | 0.9   | 27.1    | 32 | 0.4   | 28.9   | 20 | 0.8   |
| 12:45                | 27.6    | 31 | 1.2   | 29.3     | 30 | 0.1   | 26.4    | 32 | 0.2   | 28.3   | 19 | 0.5   |
| 12:50                | 27.2    | 30 | 0.0   | 29.7     | 29 | 0.6   | 26.4    | 32 | 0.0   | 28.3   | 19 | 0.2   |
| 12:55                | 26.9    | 30 | 0.4   | 30.7     | 26 | 0.8   | 27.3    | 27 | 0.2   | 28.6   | 19 | 0.5   |
| 13:00                | 26.8    | 30 | 1.8   | 30.8     | 25 | 1.2   | 26.0    | 25 | 0.8   | 28.3   | 18 | 1.3   |
| 13:05                | 26.6    | 30 | 0.6   | 30.9     | 24 | 0.6   | 25.4    | 26 | 0.5   | 27.9   | 18 | 0.6   |
| 13:10                | 26.6    | 31 | 1.0   | 31.3     | 25 | 0.2   | 25.4    | 26 | 0.4   | 27.7   | 18 | 0.5   |
| 13:15                | 25.9    | 35 | 0.7   | 31.5     | 25 | 0.0   | 25.3    | 26 | 0.3   | 27.6   | 18 | 0.3   |
| 13:20                | 25.9    | 35 | 1.1   | 31.1     | 25 | 0.4   | 25.3    | 27 | 0.3   | 27.3   | 18 | 0.6   |
| 13:25                | 25.8    | 35 | 1.1   | 31.3     | 25 | 0.3   | 25.3    | 26 | 0.4   | 27.4   | 18 | 0.6   |
| 13:30                | 25.7    | 35 | 1.6   | 31.1     | 25 | 0.3   | 25.1    | 26 | 0.0   | 27.3   | 18 | 0.6   |
| 13:35                | 25.7    | 34 | 0.3   | 31.1     | 25 | 0.2   | 25.1    | 26 | 0.2   | 27.3   | 18 | 0.2   |
| 13:40                | 26.4    | 34 | 1.1   | 30.6     | 25 | 0.4   | 25.0    | 27 | 0.6   | 27.3   | 18 | 0.7   |
| 13:45                | 26.3    | 34 | 0.3   | 30.4     | 25 | 0.5   | 25.1    | 27 | 0.5   | 26.9   | 18 | 0.4   |
| 13:50                | 26.4    | 33 | 1.2   | 29.8     | 24 | 0.3   | 24.8    | 26 | 0.3   | 26.7   | 18 | 0.6   |
| 13:55                | 26.3    | 31 | 0.0   | 29.2     | 24 | 0.0   | 25.0    | 26 | 0.0   | 26.8   | 18 | 0.0   |
| 14:00                | 26.3    | 31 | 0.8   | 29.3     | 24 | 0.5   | 25.2    | 26 | 0.0   | 27.2   | 18 | 0.4   |
| 14:05                | 26.3    | 31 | 0.4   | 29.1     | 24 | 0.6   | 25.3    | 27 | 0.5   | 27.5   | 18 | 0.5   |
| 14:10                | 26.2    | 32 | 0.4   | 29.1     | 24 | 0.1   | 25.6    | 27 | 0.6   | 27.7   | 18 | 0.4   |
| 14:15                | 26.2    | 32 | 0.4   | 28.9     | 24 | 0.3   | 25.7    | 27 | 0.3   | 27.4   | 18 | 0.3   |
| 14:20                | 26.2    | 32 | 0.2   | 28.8     | 25 | 0.1   | 25.7    | 27 | 0.0   | 27.9   | 18 | 0.1   |
| 14:25                | 26.2    | 31 | 0.2   | 28.7     | 25 | 0.4   | 25.9    | 27 | 0.2   | 28.2   | 18 | 0.3   |
| 14:30                | 26.2    | 31 | 0.6   | 29.0     | 24 | 0.6   | 25.9    | 26 | 0.6   | 27.4   | 18 | 0.6   |
| 14:35                | 26.2    | 30 | 0.8   | 28.9     | 24 | 0.4   | 26.0    | 25 | 0.4   | 27.0   | 18 | 0.5   |
| 14:40                | 26.2    | 30 | 0.7   | 28.6     | 24 | 0.8   | 25.8    | 25 | 0.4   | 26.8   | 18 | 0.6   |
| 14:45                | 26.2    | 31 | 0.4   | 28.5     | 24 | 0.6   | 25.7    | 26 | 0.0   | 26.6   | 18 | 0.3   |
| 14:50                | 26.1    | 30 | 1.1   | 28.3     | 24 | 0.4   | 25.6    | 26 | 0.0   | 26.5   | 18 | 0.5   |
| 14:55                | 26.1    | 31 | 1.7   | 28.1     | 24 | 1.0   | 25.4    | 26 | 1.0   | 26.2   | 18 | 1.2   |
| 15:00                | 26.1    | 31 | 1.1   | 27.9     | 24 | 0.7   | 25.3    | 26 | 0.8   | 26.2   | 18 | 0.9   |
| 15:05                | 26.1    | 31 | 0.7   | 27.7     | 24 | 0.8   | 25.3    | 26 | 0.3   | 26.9   | 18 | 0.6   |

| Tabla 8.5: CRUCERO 1 |      |    |     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |
|----------------------|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|
| 15:10                | 26.1 | 30 | 1.1 | 27.6 | 24 | 0.6 | 25.3 | 26 | 0.6 | 27.0 | 18 | 0.8 |
| 15:15                | 26.2 | 30 | 1.3 | 27.7 | 24 | 0.2 | 25.4 | 26 | 0.3 | 27.5 | 18 | 0.6 |
| 15:20                | 26.2 | 30 | 1.5 | 27.8 | 24 | 0.7 | 25.5 | 26 | 0.7 | 27.3 | 18 | 1.0 |
| 15:25                | 26.2 | 30 | 0.2 | 27.9 | 24 | 0.3 | 25.6 | 26 | 0.0 | 27.4 | 18 | 0.2 |
| 15:30                | 26.2 | 30 | 0.0 | 28.0 | 24 | 0.7 | 25.7 | 26 | 0.0 | 27.1 | 18 | 0.2 |
| 15:35                | 26.2 | 31 | 0.6 | 27.8 | 24 | 0.4 | 25.7 | 26 | 0.4 | 26.9 | 18 | 0.4 |
| 15:40                | 26.2 | 31 | 0.5 | 27.8 | 24 | 0.0 | 25.7 | 26 | 0.2 | 27.6 | 18 | 0.2 |
| 15:45                | 26.2 | 30 | 0.2 | 27.6 | 24 | 0.3 | 25.5 | 26 | 0.2 | 28.9 | 18 | 0.2 |
| 15:50                | 26.2 | 30 | 0.2 | 27.8 | 24 | 0.1 | 25.6 | 26 | 0.0 | 28.8 | 18 | 0.1 |
| 15:55                | 26.1 | 31 | 0.0 | 28.1 | 24 | 0.4 | 25.8 | 26 | 0.0 | 28.1 | 18 | 0.1 |
| 16:00                | 26.0 | 32 | 0.5 | 28.2 | 24 | 0.0 | 25.7 | 26 | 0.0 | 27.4 | 18 | 0.2 |
| 16:05                | 25.9 | 33 | 0.0 | 28.2 | 25 | 0.3 | 25.9 | 28 | 0.0 | 26.9 | 18 | 0.1 |
| 16:10                | 26.1 | 33 | 0.0 | 28.1 | 25 | 0.0 | 26.1 | 28 | 0.0 | 27.1 | 18 | 0.0 |
| 16:15                | 26.2 | 32 | 0.0 | 27.9 | 25 | 0.6 | 26.2 | 28 | 0.0 | 27.6 | 18 | 0.2 |
| 16:20                | 26.4 | 32 | 0.0 | 28.2 | 25 | 0.0 | 26.3 | 27 | 0.0 | 29.2 | 18 | 0.0 |
| 16:25                | 26.4 | 32 | 0.8 | 28.2 | 26 | 0.0 | 26.3 | 27 | 0.0 | 29.3 | 18 | 0.3 |
| 16:30                | 26.4 | 31 | 0.0 | 28.3 | 26 | 0.4 | 26.4 | 27 | 0.0 | 29.8 | 18 | 0.1 |
| 16:35                | 26.4 | 31 | 0.9 | 28.6 | 26 | 0.0 | 26.4 | 27 | 0.0 | 30.1 | 18 | 0.3 |
| 16:40                | 26.3 | 32 | 0.0 | 28.7 | 26 | 0.5 | 26.3 | 27 | 0.0 | 29.9 | 18 | 0.2 |
| 16:45                | 26.3 | 31 | 0.0 | 28.8 | 26 | 0.0 | 26.3 | 27 | 0.0 | 30.0 | 18 | 0.0 |
| 16:50                | 26.3 | 31 | 1.0 | 28.7 | 26 | 0.0 | 26.3 | 27 | 0.0 | 29.9 | 18 | 0.3 |
| 16:55                | 26.3 | 31 | 1.0 | 28.9 | 26 | 0.7 | 26.5 | 27 | 0.7 | 29.8 | 18 | 0.8 |
| 17:00                | 26.5 | 34 | 0.0 | 28.9 | 26 | 0.5 | 26.4 | 27 | 0.0 | 29.4 | 18 | 0.2 |
| Max                  | 27.6 | 48 | 1.8 | 31.5 | 37 | 1.2 | 27.3 | 44 | 1.0 | 30.1 | 22 | 1.3 |
| Min                  | 23.7 | 30 | 0.0 | 23   | 24 | 0.0 | 22.6 | 25 | 0.0 | 23.6 | 18 | 0.0 |
| Pro                  | 26.2 | 33 | 0.6 | 28.5 | 26 | 0.4 | 25.6 | 29 | 0.3 | 27.5 | 18 | 0.4 |

**Tabla 8.5:** Crucero 1: Promedios cada 5 minutos de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.



| Tabla 8.6: CRUCERO 2 |        |    |       |        |    |       |          |    |       |       |    |       |
|----------------------|--------|----|-------|--------|----|-------|----------|----|-------|-------|----|-------|
| HORA                 | CUEROS |    |       | LEONES |    |       | PERFUMES |    |       | APTOS |    |       |
|                      | TEM    | HR | V/m/s | TEM    | HR | V/m/s | TEM      | HR | V/m/s | TEM   | HR | V/m/s |
| 12:00                | 24.1   | 46 | 1.8   | 23.9   | 47 | 1.0   | 23.1     | 39 | 0.2   | 24.3  | 39 | 1.0   |
| 12:05                | 24.6   | 46 | 1.6   | 24.4   | 46 | 1.1   | 23.7     | 39 | 0.1   | 24.8  | 39 | 0.9   |
| 12:10                | 25.0   | 45 | 1.0   | 24.8   | 46 | 1.1   | 24.2     | 40 | 1.1   | 25.2  | 39 | 1.1   |
| 12:15                | 25.4   | 45 | 1.1   | 25.2   | 45 | 0.7   | 24.7     | 40 | 1.4   | 25.7  | 38 | 1.1   |
| 12:20                | 25.7   | 44 | 1.4   | 25.5   | 44 | 0.9   | 25.2     | 38 | 0.5   | 26.3  | 36 | 0.9   |
| 12:25                | 27.0   | 42 | 0.7   | 27.1   | 43 | 1.3   | 27.3     | 37 | 0.7   | 28.3  | 34 | 0.9   |
| 12:30                | 27.0   | 42 | 2.3   | 27.1   | 42 | 1.4   | 27.3     | 34 | 0.7   | 28.3  | 32 | 1.5   |
| 12:35                | 27.5   | 39 | 0.6   | 27.6   | 41 | 1.3   | 28.1     | 33 | 0.6   | 29.2  | 30 | 0.8   |
| 12:40                | 27.9   | 35 | 0.7   | 29.0   | 36 | 1.1   | 30.1     | 31 | 0.5   | 31.4  | 25 | 0.8   |
| 12:45                | 28.5   | 33 | 0.6   | 29.4   | 33 | 0.9   | 30.0     | 31 | 0.7   | 31.0  | 24 | 0.8   |
| 12:50                | 29.2   | 32 | 1.6   | 29.8   | 33 | 1.5   | 30.0     | 30 | 0.8   | 31.5  | 22 | 1.3   |
| 12:55                | 29.6   | 30 | 2.3   | 29.9   | 31 | 2.1   | 30.0     | 27 | 1.6   | 30.0  | 24 | 2.0   |
| 13:00                | 29.3   | 28 | 1.3   | 28.9   | 29 | 0.8   | 29.2     | 26 | 0.9   | 28.5  | 25 | 1.0   |
| 13:05                | 29.3   | 28 | 1.6   | 28.4   | 30 | 2.5   | 29.7     | 27 | 1.4   | 27.4  | 26 | 1.8   |
| 13:10                | 29.2   | 28 | 1.2   | 28.1   | 30 | 0.6   | 29.5     | 29 | 0.6   | 27.1  | 28 | 0.8   |
| 13:15                | 28.6   | 29 | 1.4   | 27.6   | 31 | 0.2   | 26.7     | 24 | 1.3   | 26.6  | 26 | 1.0   |
| 13:20                | 28.3   | 29 | 1.8   | 27.2   | 31 | 0.9   | 26.2     | 24 | 1.2   | 26.4  | 28 | 1.3   |
| 13:25                | 28.5   | 29 | 1.0   | 26.8   | 31 | 0.3   | 25.8     | 24 | 1.4   | 26.3  | 27 | 0.9   |
| 13:30                | 28.4   | 29 | 1.0   | 26.5   | 31 | 0.5   | 25.4     | 24 | 0.9   | 26.5  | 26 | 0.8   |
| 13:35                | 28.4   | 29 | 0.3   | 26.5   | 31 | 0.3   | 25.4     | 24 | 0.4   | 26.5  | 28 | 0.3   |
| 13:40                | 28.2   | 29 | 1.1   | 26.5   | 31 | 0.5   | 25.4     | 24 | 0.6   | 26.3  | 27 | 0.7   |
| 13:45                | 28.0   | 29 | 1.1   | 26.4   | 32 | 1.5   | 25.3     | 24 | 0.3   | 26.5  | 27 | 0.9   |
| 13:50                | 27.9   | 29 | 0.7   | 26.3   | 32 | 0.4   | 25.4     | 24 | 0.9   | 26.3  | 26 | 0.7   |
| 13:55                | 27.4   | 29 | 1.2   | 26.2   | 31 | 0.8   | 25.4     | 24 | 0.5   | 26.4  | 27 | 0.9   |
| 14:00                | 27.4   | 30 | 1.3   | 26.3   | 32 | 1.4   | 25.6     | 24 | 0.7   | 26.4  | 27 | 1.1   |
| 14:05                | 27.1   | 30 | 1.0   | 26.2   | 32 | 1.7   | 25.6     | 25 | 1.4   | 26.2  | 28 | 1.3   |
| 14:10                | 27.0   | 31 | 0.7   | 26.2   | 33 | 0.7   | 25.7     | 25 | 0.8   | 26.7  | 27 | 0.7   |
| 14:15                | 26.9   | 32 | 1.1   | 25.9   | 34 | 0.9   | 25.8     | 25 | 0.9   | 26.5  | 28 | 1.0   |
| 14:20                | 26.9   | 31 | 1.3   | 25.9   | 34 | 0.5   | 26.1     | 26 | 1.3   | 26.3  | 28 | 1.0   |
| 14:25                | 26.0   | 32 | 1.3   | 25.6   | 33 | 0.5   | 25.9     | 25 | 0.8   | 26.6  | 27 | 0.9   |
| 14:30                | 26.4   | 31 | 2.4   | 25.6   | 33 | 1.4   | 26.0     | 25 | 2.1   | 26.5  | 26 | 1.9   |
| 14:35                | 26.4   | 31 | 1.5   | 25.7   | 32 | 1.1   | 25.7     | 24 | 1.2   | 26.4  | 26 | 1.3   |
| 14:40                | 26.3   | 31 | 1.7   | 25.6   | 32 | 1.7   | 25.6     | 24 | 1.0   | 26.2  | 26 | 1.5   |
| 14:45                | 26.1   | 31 | 1.9   | 25.6   | 32 | 2.1   | 25.9     | 24 | 1.6   | 25.8  | 27 | 1.9   |
| 14:50                | 25.9   | 31 | 1.6   | 25.4   | 33 | 1.5   | 25.7     | 24 | 1.4   | 26.0  | 27 | 1.5   |
| 14:55                | 25.8   | 31 | 2.1   | 25.3   | 33 | 1.2   | 25.7     | 24 | 1.2   | 25.8  | 27 | 1.5   |
| 15:00                | 25.8   | 31 | 2.2   | 25.4   | 33 | 1.0   | 25.5     | 24 | 1.3   | 26.1  | 27 | 1.5   |
| 15:05                | 26.0   | 31 | 1.3   | 25.5   | 32 | 0.9   | 25.3     | 24 | 1.2   | 26.6  | 26 | 1.1   |

|       |      |    |     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |
|-------|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|
| 15:10 | 26.0 | 31 | 1.3 | 25.5 | 32 | 2.0 | 25.5 | 24 | 1.6 | 26.5 | 26 | 1.7 |
| 15:15 | 26.0 | 31 | 1.4 | 25.6 | 32 | 0.4 | 25.6 | 24 | 0.9 | 26.8 | 26 | 0.9 |
| 15:20 | 26.1 | 31 | 1.8 | 25.6 | 32 | 2.9 | 25.7 | 25 | 0.9 | 26.5 | 26 | 1.9 |
| 15:25 | 26.0 | 31 | 1.0 | 25.6 | 32 | 1.1 | 25.6 | 25 | 0.5 | 26.6 | 26 | 0.9 |
| 15:30 | 26.0 | 31 | 0.8 | 25.6 | 33 | 0.0 | 25.9 | 25 | 0.5 | 26.4 | 26 | 0.4 |
| 15:35 | 25.9 | 31 | 1.0 | 25.5 | 33 | 0.8 | 26.0 | 25 | 1.2 | 26.1 | 27 | 1.0 |
| 15:40 | 25.9 | 31 | 1.1 | 25.5 | 33 | 0.3 | 25.8 | 25 | 1.3 | 26.5 | 27 | 0.9 |
| 15:45 | 26.0 | 31 | 0.9 | 25.6 | 32 | 0.3 | 25.7 | 25 | 0.8 | 27.7 | 26 | 0.7 |
| 15:50 | 26.1 | 31 | 0.4 | 25.6 | 32 | 0.8 | 25.6 | 25 | 0.7 | 27.7 | 25 | 0.6 |
| 15:55 | 26.0 | 32 | 0.4 | 25.5 | 33 | 0.8 | 25.7 | 25 | 0.9 | 27.3 | 27 | 0.7 |
| 16:00 | 26.0 | 32 | 0.5 | 25.5 | 34 | 1.2 | 25.8 | 26 | 1.1 | 26.8 | 27 | 0.9 |
| 16:05 | 26.1 | 32 | 0.7 | 25.7 | 33 | 0.0 | 25.8 | 26 | 1.1 | 26.6 | 28 | 0.6 |
| 16:10 | 26.2 | 32 | 0.3 | 26.0 | 33 | 0.0 | 25.9 | 26 | 1.0 | 26.9 | 27 | 0.4 |
| 16:15 | 26.5 | 31 | 0.0 | 26.3 | 32 | 0.6 | 26.1 | 26 | 1.7 | 27.2 | 26 | 0.8 |
| 16:20 | 26.7 | 31 | 0.0 | 26.6 | 32 | 0.6 | 26.1 | 25 | 1.4 | 27.7 | 25 | 0.7 |
| 16:25 | 26.7 | 31 | 0.8 | 26.6 | 31 | 1.0 | 26.1 | 25 | 0.9 | 27.7 | 24 | 0.9 |
| 16:30 | 27.0 | 30 | 0.0 | 26.7 | 31 | 0.5 | 26.2 | 25 | 1.6 | 27.9 | 24 | 0.7 |
| 16:35 | 27.1 | 30 | 0.9 | 26.8 | 31 | 0.4 | 26.1 | 25 | 0.0 | 28.1 | 25 | 0.4 |
| 16:40 | 26.9 | 30 | 0.0 | 26.7 | 31 | 0.0 | 26.2 | 25 | 0.0 | 28.2 | 24 | 0.0 |
| 16:45 | 27.0 | 30 | 0.0 | 26.7 | 31 | 0.0 | 26.3 | 25 | 0.0 | 28.2 | 24 | 0.0 |
| 16:50 | 27.2 | 30 | 1.2 | 26.7 | 31 | 0.9 | 26.3 | 26 | 0.0 | 27.8 | 24 | 0.7 |
| 16:55 | 27.4 | 30 | 1.0 | 26.6 | 31 | 0.9 | 26.3 | 25 | 0.0 | 28.0 | 24 | 0.6 |
| 17:00 | 27.6 | 30 | 0.0 | 26.6 | 31 | 0.3 | 26.3 | 25 | 0.0 | 27.9 | 24 | 0.1 |

|     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |      |    |     |
|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|------|----|-----|
| Max | 29.6 | 46 | 2.4 | 29.9 | 47 | 2.9 | 30.1 | 40 | 2.1 | 31.5 | 39 | 2.0 |
| Min | 24.1 | 28 | 0.0 | 23.9 | 29 | 0.0 | 23.1 | 24 | 0.0 | 24.3 | 22 | 0.1 |
| Pro | 26.9 | 32 | 1.1 | 26.4 | 34 | 0.9 | 26.2 | 27 | 0.9 | 27.1 | 27 | 1.0 |

**Tabla 8.6:** Crucero 2: Promedios cada 5 minutos de Temperatura, Humedad Relativa y Velocidad del Viento para los días 1, 7 y 8 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.7: ROSA DE VIENTO DAVIS - ABRIL 1 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |    |   |    |     |     |     |     |
|--|----|---|----|-----|-----|-----|-----|
| N  | NE | E | SE | S   | SW  | W   | NW  |
|  |    |   |    | 0.4 | 0.4 | 1.8 | 0.0 |
|  |    |   |    | 1.8 |     | 1.3 |     |

|            |   |   |   |   |      |      |      |      |     |
|------------|---|---|---|---|------|------|------|------|-----|
| sumatoria  |   |   |   |   | 2.2  | 0.4  | 3.1  |      |     |
| num datos  | 0 | 0 | 0 | 0 | 2    | 1    | 2    | 1    | 6   |
| promedio   |   |   |   |   | 1.1  | 0.4  | 1.6  | 0.0  |     |
| frecuencia | 0 | 0 | 0 | 0 | 33.3 | 16.7 | 33.3 | 16.7 | 100 |

Tabla 8.7: Rosa de Viento E. Davis para el 1 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.8.: ROSA DE VIENTO DAVIS - ABRIL 7 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |    |     |    |     |     |     |     |
|---|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| N   | NE | E   | SE | S   | SW  | W   | NW  |
|   |    | 0.4 |    | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 0.9 |
|   |    |     |    |     | 0.9 |     |     |

|            |   |   |      |   |      |      |      |      |     |
|------------|---|---|------|---|------|------|------|------|-----|
| sumatoria  |   |   | 0.4  |   | 0.9  | 1.3  | 0.4  | 0.9  |     |
| num datos  | 0 | 0 | 1    | 0 | 1    | 2    | 1    | 1    | 6   |
| promedio   |   |   | 0.4  |   | 0.9  | 0.7  | 0.4  | 0.9  |     |
| frecuencia | 0 | 0 | 16.7 | 0 | 16.7 | 33.3 | 16.7 | 16.7 | 100 |

Tabla 8.8: Rosa de Viento E. Davis para el 7 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.9: ROSA DE VIENTO DAVIS - ABRIL 8 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |     |   |     |     |     |   |     |
|--|-----|---|-----|-----|-----|---|-----|
| N  | NE  | E | SE  | S   | SW  | W | NW  |
|  | 1.3 |   | 1.3 | 0.4 | 0.9 |   | 0.4 |
|  |     |   |     |     | 0.4 |   |     |

|            |   |      |   |      |      |      |   |      |     |
|------------|---|------|---|------|------|------|---|------|-----|
| sumatoria  |   | 1.3  |   | 1.3  | 0.4  | 1.3  |   | 0.4  |     |
| num datos  | 0 | 1    | 0 | 1    | 1    | 2    | 0 | 1    | 6   |
| promedio   |   | 1.3  |   | 1.3  | 0.4  | 0.7  |   | 0.4  |     |
| frecuencia | 0 | 16.7 | 0 | 16.7 | 16.7 | 33.3 | 0 | 16.7 | 100 |

Tabla 8.9: Rosa de Viento E. Davis para el 8 de Abril de 2007. Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.10: ROSA DE VIENTO MINERIA - ABRIL 1 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |    |       |    |       |        |       |        |
|---|----|-------|----|-------|--------|-------|--------|
| N   | NE | E     | SE | S     | SW     | W     | NW     |
| 0.6 N   |    | 0.6 E |    | 1.3 S | 0.9 SW | 0.3 W | 2.1 NW |
| 0.6 N   |    | 0.4 E |    | 1.9 S | 1.7 SW | 0.9 W | 1.8 NW |
| 2.8 N   |    | 0.3 E |    | 2.9 S | 1.7 SW |       | 1.3 NW |
|   |    |       |    |       | 3.2 SW |       | 0.7 NW |
|   |    |       |    |       |        |       | 2.1 NW |
|   |    |       |    |       |        |       | 2.3 NW |
|   |    |       |    |       |        |       | 2.2 NW |
|   |    |       |    |       |        |       | 1.6 NW |
|   |    |       |    |       |        |       | 1.4 NW |

|            |      |   |      |   |      |      |     |      |     |
|------------|------|---|------|---|------|------|-----|------|-----|
| sumatoria  | 4.0  |   | 1.3  |   | 6.1  | 7.5  | 1.2 | 1.7  |     |
| num datos  | 3    | 0 | 3    | 0 | 3    | 4    | 2   | 9    | 24  |
| prom vel   | 1.3  |   | 0.4  |   | 2.0  | 1.9  | 0.6 | 1.7  |     |
| frecuencia | 12.5 | 0 | 12.5 | 0 | 12.5 | 16.7 | 8.3 | 37.5 | 100 |

**Tabla 8.10:** Datos Rosa de Viento – Estación Minería para el 1 de Abril de 2007.

Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.11: ROSA DE VIENTO MINERIA - ABRIL 7 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |    |       |        |       |        |       |        |
|---|----|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| N   | NE | E     | SE     | S     | SW     | W     | NW     |
| 1.7 N   |    | 0.6 E | 0.1 SE | 1.2 S | 1.8 SW | 2.5 W | 1.7 NW |
|   |    | 0.3 E | 0.5 SE | 1.4 S | 2.2 SW | 2.9 W | 0.9 NW |
|   |    | 0.0 E | 1.2 SE |       |        | 3.2 W | 0.5 NW |
|   |    | 0.9 E | 1.3 SE |       |        | 2.5 W | 1.4 SW |
|   |    |       | 1.5 SE |       |        | 1.7 W |        |
|   |    |       |        |       |        | 1.5 W |        |

|            |     |   |      |      |     |     |      |      |     |
|------------|-----|---|------|------|-----|-----|------|------|-----|
| sumatoria  | 1.7 |   | 1.8  | 4.6  | 2.6 | 4.0 | 14.3 | 4.5  |     |
| num datos  | 1   | 0 | 4    | 5    | 2   | 2   | 6    | 4    | 24  |
| prom vel   | 1.7 |   | 0.5  | 0.9  | 1.3 | 2   | 2.4  | 1.1  |     |
| frecuencia | 4.2 | 0 | 16.7 | 20.8 | 8.3 | 8.3 | 25.0 | 16.7 | 100 |

**Tabla 8.11:** Datos Rosa de Viento - Estación Minería para el 7 de Abril de 2007.

Elaboró L. Monsalve.

| Tabla 8.12: ROSA DE VIENTO MINERIA - ABRIL 8 DEL 2007 (12:00 a 17:00 h) |    |   |        |       |        |       |    |
|---|----|---|--------|-------|--------|-------|----|
| N   | NE | E | SE     | S     | SW     | W     | NW |
|   |    |   | 1.0 SE | 1.6 S | 1.3 SW | 1.1 W |    |
|   |    |   | 2.5 SE | 1.5 S | 1.1 SW | 1.5 W |    |
|   |    |   |        | 1.7 S | 0.5 SW | 0.7 W |    |
|   |    |   |        | 1.3 S | 0.9 SW |       |    |
|   |    |   |        | 3.3 S | 1.0 SW |       |    |
|   |    |   |        | 2.6 S | 1.3 SW |       |    |
|   |    |   |        | 3.5 S | 1.5 SW |       |    |
|   |    |   |        | 2.7 S | 3.2 SW |       |    |
|   |    |   |        |       | 3.5 SW |       |    |
|   |    |   |        |       | 1.5 SW |       |    |

|            |     |   |     |      |      |      |      |     |     |
|------------|-----|---|-----|------|------|------|------|-----|-----|
| sumatoria  |     |   |     | 4    | 18   | 16   | 3    |     |     |
| num datos  | 0   | 0 | 0   | 2    | 8    | 10   | 3    | 0   | 23  |
| prom vel   |     |   |     | 1.8  | 2.3  | 1.6  | 1.1  |     |     |
| frecuencia | 0.0 | 0 | 0.0 | 33.3 | 16.7 | 16.7 | 33.3 | 0.0 | 100 |

**Tabla 8.12:** Datos Rosa de Viento - Estación Minería para el 8 de Abril de 2007.

Elaboró L. Monsalve.